

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 55 565 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 02 B 13/06  
G 02 B 3/00

21 Aktenzeichen: 197 55 565.9  
22 Anmeldetag: 15. 12. 97  
43 Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 197 55 565 A 1

30 Unionspriorität:  
772590 20. 12. 96 US

71 Anmelder:  
Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

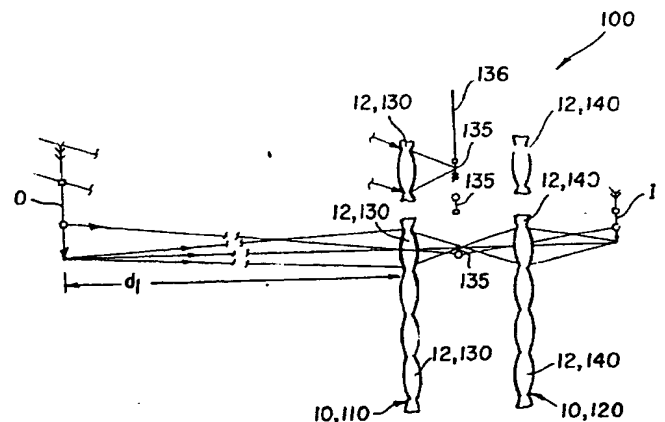
74 Vertreter:  
Lewandowsky, K., Pat.-Ass., 73342 Bad Ditzgenbach

72 Erfinder:  
Meyers, Mark Marshall, Hamlin, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Linsenordnungssystem

57 Linsenordnungssystem (100, 200, 300, 400) mit einer ersten Baugruppe, die eine Bildfeldbegrenzungsmaske (40, 162) und eine erste Linsenanordnung (110) mit einer zugeordneten Brennweite  $F$  aufweist, und einer zweiten Baugruppe, die eine zweite Linsenanordnung (120) aufweist, die Licht von der ersten Baugruppe übernimmt. Die erste Linsenanordnung (110) ist für ein komplettes Bildfeld von über  $20^\circ$  geeignet und erzeugt mehrere Bildabschnitte (135) des zugeordneten Gegenstands in einer Zwischenbildebene (136), die im wesentlichen koplanar mit der der ersten Linsenanordnung (110) zugeordneten Brennebene  $F$  ist. Die erste Linsenanordnung (110) umfaßt eine Vielzahl von Linsen (120) mit positiver Brechkraft. Jede der Vielzahl von Linsen (120) hat eine Brennweite  $f_1$  von weniger als 15 mm und nimmt ein bestimmtes Segment des kompletten Bildfelds ein, das dem zugeordneten Gegenstand gegenüberliegt. Diese Segmente des kompletten Bildfelds erzeugen zusammen das komplette Bildfeld, und jede der Linsen (130) bildet einen dem jeweiligen Segment des kompletten Bildfelds entsprechenden Bildabschnitt (135). Die zweite Linsenanordnung (120) der zweiten Baugruppe empfängt Licht von der ersten Baugruppe. Die zweite Linsenanordnung (120) weist eine Vielzahl von Linsen (140) mit positiver Brechkraft auf. Jede der Linsen (140) der zweiten Linsenanordnung (120) hat eine Brennweite  $f_2$ , die kleiner als 15 mm ist, bildet einen der in der Zwischenbildebene (136) befindlichen Bildabschnitte (135) ...



DE 197 55 565 A 1

Die Erfindung betrifft ein kompaktes Linsensystem mit kurzer Brennweite und einer Vielzahl von Linsenanordnungen. Die Erfindung ist besonders für die Verwendung in fotografischen oder digitalen Kameras sowie in digitalen Cam-

5 corders geeignet, ohne allerdings darauf beschränkt zu sein.

Es ist wünschenswert, sehr kompakte Kameras herzustellen. Um eine kompakte Kamera herzustellen, muß man in der Lage sein, ein sehr kompaktes Aufnahmelinsensystem (auch als Objektiv bezeichnet) herzustellen. Die Kompaktheit eines Linsensystems ist durch seine Gesamtlänge definiert, d. h. wie groß der Abstand von dem vorderen Scheitelpunkt der Oberfläche der vordersten Linse des Linsensystems zur Bildebene des Linsensystems ist. Dieser Abstand hängt oft von

10 der Brennweite des Linsensystems ab. Je kürzer die Brennweite des Linsensystems ist, um so kompakter wird es. In einem herkömmlichen Linsensystem wird die Größe des Bildformats nur durch zwei Parameter bestimmt, und zwar der Brennweite  $f_l$  des Linsensystems und dem Bildfeldwinkel  $\epsilon$ . Dies wird in Fig. 1 gezeigt. Die Beziehung dieser beiden Parameter ist durch folgende Gleichung definiert:

$$15 \quad h = f_l \cdot \tan(\theta/2)$$

wobei  $h$  die Halbdiaagonale des erforderlichen Formats (auch als Bildhöhe bezeichnet) und  $\theta/2$  des Bildfeldwinkels ist.

Um bei kürzer werdender Brennweite des Linsensystems das gleiche Bildformat zu erhalten (d. h. um eine gegebene Bildhöhe  $h$  beizubehalten), muß das Linsensystem ein größeres Bildfeld verarbeiten. Je größer aber das Bildfeld wird,

20 um so schwieriger wird es, bestimmte Linsenaberrationen zu korrigieren. Wenn das halbe Bildfeld  $\theta/2$  größer als  $30-35^\circ$  ist, werden Koma, Astigmatismus und Bildfeldkrümmung zu vorherrschenden Aberrationen und beeinträchtigen die Bildqualität negativ. Ein herkömmliches Linsensystem kann nicht kompakt sein, eine akzeptable Bildqualität liefern, eine kurze Brennweite aufweisen und mit einem großen Bildfeld aufwarten. Das Bemühen, die Brennweite kurz zu halten, steht im Konflikt mit dem Bemühen, das Bildfeld nicht zu groß werden zu lassen.

25 Aus der Natur sind Linsenanordnungen bereits bekannt. Die Augen einer Fliege umfassen beispielsweise eine Anordnung kleinster Linsenelemente (auch als Facetten bezeichnet). Die von der Fliege bekannten Linsenanordnungen werden benutzt, um Masken für das Fotoätzverfahren herzustellen. Dies wurde in "SPIE HANDBOOK OF PHOTOGRAPHIC SCIENCE", Teil 21, Seite 1236, herausgegeben von John Wiley und Söhne, beschrieben.

Linsenanordnungen wurden auch für andere Zwecke verwendet. Das US-Patent 5,351,151 beschreibt einen doppelten

30 Linsenanordnungsreflektor für kombinierte räumliche und spektrale Filteranwendungen. In diesem Reflektor liegen die Brennebenen von zwei Anordnungen übereinander. Ein kollimierter Strahl, der auf die erste Linsenanordnung fällt, tritt aus der zweiten Linsenanordnung ebenfalls als kollimierter Lichtstrahl aus und erzeugt somit kein Bild. Ein nahezu kollimierter einfallender Strahl tritt als nahezu kollimierter Strahl an der zweiten Linsenanordnung aus. Dieses Patent (Sp. 7) beschreibt zudem, daß die aus der zweiten Anordnung austretenden Lichtstrahlen in bezug zueinander ungeordnet sind und weiterer optischer Mittel bedürfen, um geordnet zu werden. Dieses Patent beschreibt zudem, daß für einen weit entfernten Gegenstand keine wirkliche Abbildung gebildet wird, und daß die Abbildung ein virtuelles Bild ist (Sp. 5, Zeile 67). Die vorhandenen Strahlen divergieren also, statt zu konvergieren. Wenn ein lichtempfindliches Medium hinter der zweiten Anordnung platziert wird, wird auf dem lichtempfindlichen Medium kein Bild erzeugt.

US-A-4,739,416 und US-A-4,632,522 beschreiben eine Linsenbaugruppe zur Verwendung in einer Fotokopiervorrichtung. Die in US-A-4,632,522 beschriebene Linsenbaugruppe umfaßt zwei Linsenanordnungen, die derart konfiguriert sind, daß sie einen nahen Gegenstand auf eine zugeordnete Bildebene (als Schirm bezeichnet) noch einmal abbilden. Die Brennebene der ersten Linsenanordnung befindet sich auf halber Strecke zwischen der ersten Linsenanordnung und der Zwischenbildebene der Bildabschnitte. Da die zweite Linsenanordnung derart konfiguriert ist, daß sie einen Gegenstand noch einmal abbildet, der in der zuvor genannten Zwischenbildebene liegt, wird alles, was sich in Nähe der Brennebene der ersten Linsenanordnung befindet, von der zweiten Linsenanordnung nicht einwandfrei noch einmal abgebildet. Diese Linsenanordnung ist also nicht in der Lage, einen entfernten Gegenstand auf der Abbildungsebene (d. h. Bildschirm) abzubilden. Darüber hinaus erfassen benachbarte Linsen Teile desselben Bildfeldes. Dies führt zu einer Vielzahl von versetzten und sich teilweise überlagernden Bildern. In einer Kameraanwendung ist dies denkbar ungeeignet.

35 In der Strahlenlenkoptik werden Gruppen von zwei Linsenanordnungen verwendet. Derartige Gruppen werden in US-A-5,059,008 und US-A-5,015,080 beschrieben. Die Linsenanordnungen dieser Gruppen sind nicht darauf ausgelegt, unterschiedliche Teile eines Bildfeldes zu erfassen. Statt dessen sind die Gruppen von Linsenanordnungen derart konfiguriert, daß sie einen kollimierten Lichtstrahl erzeugen, der in verschiedenen Winkeln aus dem optischen System austritt. Diese Gruppen von Linsenanordnungen erzeugen keine Bilder und sind von daher nicht zur Verwendung in einem Bild-erzeugungssystem geeignet.

40 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein sehr kompaktes und einfach herzustellendes Linsenanordnungssystem mit kurzer Brennweite und einer hervorragenden Bildqualität über ein großes Bildfeld hinweg bereitzustellen. Dies wird erfindungsgemäß mit der gemäß den Ansprüchen 1, 12 oder 16 beschriebenen Erfindung erreicht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Brennweite  $f_2$  kürzer als die Brennweite  $f_1$  und das Einzelbild ist ein zusammenhängendes Bild.

45 Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung stellen die erste und die zweite Linsenanordnung in Kombination ein Linsenanordnungssystem mit einer Gesamtlänge von weniger als 17 mm bereit.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung genügt das Linsenanordnungssystem einem Verhältnis  $1,0 < f_1/f_2 < 7,0$ .

Ebenfalls nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die zweite Linsenanordnung in einer Entfernung von größer gleich  $1,2f_2$  zur Zwischenbildebene beabstandet.

50 Die Erfindung hat den Vorteil, daß das Linsenanordnungssystem kompakt ist, eine kurze Brennweite aufweist und Abbildungen über ein großes Bildfeld erzeugen kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen

**Fig. 1** ein optisches System nach dem Stand der Technik;

**Fig. 2** ein optisches System, das in einer verwandten Anmeldung beschrieben wird;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen, beispielhaften Linsenordnungssystems;

**Fig. 4** eine schematische Schnittansicht eines Linsenordnungssystems einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 4A** die Positionierung der Linsen des Linsenordnungssystems in Beziehung zueinander und in Relation zur Zwischenbildebene;

**Fig. 5** eine Draufsicht der Streulichtplatte und der Linsen der ersten Linsenordnung;

**Fig. 6** eine Seitenansicht der Streulichtplatte und der Linsenordnung;

**Fig. 7** die Streulichtblendenanordnung;

**Fig. 8A - C** drei mögliche Konfigurationen einer Verschlußplatte;

**Fig. 9A u. 9B** die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Linsenordnungssystems;

**Fig. 10** eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Linsenordnungssystems;

**Fig. 11** die Draufsicht der in **Fig. 10** gezeigten Ausführungsform;

**Fig. 12** eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Linsenordnungssystems;

**Fig. 13** eine Draufsicht der Linsenkonturen und Streulichtscheiben für die erfindungsgemäße Linsenordnung **10**;

**Fig. 14** eine Schnittansicht entlang der Schnittlinien 2-2 der Linsenordnung aus **Fig. 13**;

**Fig. 15A** eine Schnittdarstellung einer zentralen Linse der ersten Linsenordnung;

**Fig. 15B und 15C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 15A** dargestellte Linse;

**Fig. 16A** eine Schnittdarstellung der Linse der ersten Linsenordnung in einem Bildfeldwinkel von  $16^\circ$ ;

**Fig. 16B und 16C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 16A** dargestellte Linse;

**Fig. 17A** eine Schnittdarstellung der Linse der ersten Linsenordnung in einem Bildfeldwinkel von  $24^\circ$ ;

**Fig. 17B und 17C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 17A** dargestellte Linse;

**Fig. 18 und 19** vordere und hintere perspektivische Ansichten einer Linse;

**Fig. 20** eine Schnittdarstellung der Linse aus **Fig. 19**;

**Fig. 21A u. 21B** eine über einer Linsenordnung angeordnete Aperturanordnung, wobei die sphärische Fläche jeder Linse durch topografische Linien definiert ist, wobei die physischen Linsenmittelpunkte hinsichtlich der Mittelpunkte der Bildabschnitte (in **Fig. 21A**) divergieren und hinsichtlich der Mittelpunkte der Bildabschnitte konvergieren (in **Fig. 21B**);

**Fig. 22** eine Schnittdarstellung einer ersten Linsenordnung mit einer Anordnung von Bildblenden und einer Anordnung von Aperturblenden, die vor dieser Linsenordnung positioniert sind;

**Fig. 23** eine Schnittdarstellung einer ersten Linsenordnung mit einer Anordnung von Bildblenden vor dieser Linsenordnung und einer Anordnung von Aperturblenden zwischen der Linsenordnung und der Zwischenbildebene;

**Fig. 24A** eine Schnittdarstellung des Abschnitts einer Linse, die einem Bildfeldwinkel von  $0^\circ$  zugeordnet ist;

**Fig. 24B u. 24C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 24A** dargestellte Linse;

**Fig. 25A** eine Schnittdarstellung des Abschnitts einer Linse, der ein Bildfeldwinkel von  $14^\circ$  zugeordnet ist;

**Fig. 25B u. 25C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 25A** dargestellte Linse;

**Fig. 26A** eine Schnittdarstellung des Abschnitts einer Linse, der ein Bildfeldwinkel von  $20^\circ$  zugeordnet ist;

**Fig. 26B u. 26C** die tangentialen und sagittalen Strahlenaberrationskurven für die in **Fig. 26A** dargestellte Linse;

**Fig. 27** eine Schnittdarstellung einer mittig angeordneten Linse, die zum nochmaligen Abbilden einer Linsenordnung verwendet wird; und

**Fig. 28** einen kleinen Teil eines Linsenordnungssystems mit einer integrierten Bildfeldanordnung zum nochmaligen Abbilden.

Zum leichteren Verständnis wurden, soweit möglich, gleiche Elemente mit gleichen Bezugsziffern versehen.

### Beschreibung des Linsenordnungssystems

Ein neuer und vielversprechender Ansatz für Digitalkameras mit einer neuen Kombination aus Linsenordnung und CCD-Anordnung wird in den verwandten Anmeldungen Nr. 08/652,735 und 08/663,887 beschrieben. Diese Linsenordnungen erzeugen mehrere Bildabschnitte eines länglichen Gegenstands O. Diese Bildabschnitte sind in bezug zueinander nicht einwandfrei ausgerichtet. Die Vielzahl von Linsen einer gegebenen Linsenordnung erzeugt ein Gesamtbild, das sowohl unzusammenhängend als auch "ungeordnet" ist, so daß die oberen und unteren Bereiche dieser Bildabschnitte nicht miteinander korrespondieren (siehe **Fig. 2**). Die Bildabschnitte befinden sich in einer Ebene, die eine CCD-Anordnung beinhaltet. Die von diesen Bildabschnitten dargestellten Bildinformationen werden von einer CCD-Anordnung angenommen und verarbeitet, wobei ein fertiges, "geordnetes" Bild I zwecks Anzeige erzeugt wird. Weil das auf der eine CCD-Anordnung beinhaltenden Ebene erzeugte Gesamtbild ungeordnet ist, eignet es sich nicht für die direkte Betrachtung oder für die Filmfotografie. Es kann in Digitalkameras ohne eine spezielle CCD-Anordnung und/oder ohne weitere Verarbeitung nicht verwendet werden.

Das Linsenordnungssystem **1** der vorliegenden Erfindung erzeugt ein Bild I eines langgestreckten Gegenstands O. Das Linsenordnungssystem **1** kann ein breites Bildfeld erfassen (mindestens  $\pm 30^\circ$  und vorzugsweise  $\pm 35^\circ$  oder mehr). Dieses Linsenordnungssystem kann aber auch in Systemen nützlich sein, die ein Bildfeld von  $\pm 10^\circ$  (oder größer) erfassen. Das Linsenordnungssystem **1** wird detailliert im Rahmen der Ausführungsformen **100**, **200**, **300**, **400** beschrieben. Das Linsenordnungssystem **1** umfaßt eine Bildfeldbegrenzungsanordnung und zwei oder mehr Linsenordnungen **10**, wie in **Fig. 3** gezeigt.

Jede der Linsenordnungen **10** arbeitet als Abbildungslinse und wird als Abbildungslinsenordnung bezeichnet. Die andere Linsenordnung **10** arbeitet als eine Relaislinse (d. h. Linse für die nochmalige Abbildung) und wird als Linsenordnung für die nochmalige Abbildung bezeichnet. Jede Linsenordnung **10** umfaßt eine Vielzahl (über 4) kleiner

Linsenelemente **12** (hier auch als Linsen bezeichnet). Jede Linsenanordnung **10** kann zehn, hunderte, tausende oder Millionen von Linsen **12** enthalten.

Die Gesamtlänge des Linsenanordnungssystems **1** wird von der vordersten Linsenanordnungsfläche der Abbildungsebene gemessen. Vorzugsweise ist die Gesamtlänge des Linsenanordnungssystems kleiner als 17 mm und vorzugsweise kleiner als 12 mm und möglichst kleiner als 8 mm und am besten kleiner als 5 mm. Dies ermöglicht die Herstellung sehr kompakter fotografischer und digitaler Kameras sowie Videocamcorder.

Die optische Brechkraft der Linsen **12** der Linsenanordnung **10** ist derart, daß das Linsenanordnungssystem eine Brennweite aufweist, die kürzer als 15 mm ist, und vorzugsweise zwischen 0,5 und 15 mm liegt. Die Linsen **12** haben typischerweise einen freien Öffnungsdurchmesser von ca. 1 bis 2 mm. Je weniger Linsen sich in der Anordnung befinden, um so größer sind die freien Öffnungsdurchmesser dieser Linsen. Die freien Öffnungsdurchmesser der einzelnen Linsen können 2 mm überschreiten. Falls das Bildfeld des Linsenanordnungssystems sehr groß ist, weisen die Linsenanordnungen tendenziell eine große Anzahl von Linsen auf. Je mehr Linsen sich in der Anordnung befinden, je kürzer kann die Brennweite der Linsenanordnung sein. Eine Anordnung mit einer großen Zahl von Linsen kann in eine kleinere, kompaktere Verpackung passen.

Die Linsen **12** sind auf einem gemeinsamen Träger **13** angeordnet. Vorzugsweise ist dieser Träger 0,5 bis 2,5 mm dick. Er kann dicker sein, doch ist dies nicht wünschenswert, weil dadurch die gesamte Linsenanordnung an Kompaktheit verliert. Wenn der Träger zu dünn ist, kann er jedoch zu zerbrechlich sein. Vorzugsweise ist der Träger 1 bis 2 mm dick. Die spezifischen Parameter für die hier beispielhaft verwendeten Linsen werden nachstehend in dieser Anmeldung beschrieben.

Gemäß einer ersten Ausführungsform umfaßt das Linsenanordnungssystem **100** eine Vielzahl von Linsenanordnungen **10**, die wiederum eine erste Linsenanordnung **110** und eine zweite Linsenanordnung **120** umfassen, wie in Fig. 4 gezeigt. Die Linsenanordnung **110** arbeitet als Abbildungslinse, die Linsenanordnung **120** arbeitet als Relaislinse. Jede Linsenanordnung **110**, **120** umfaßt eine Vielzahl von Linsen **12**. Die Linsenanordnungen **110** und **120** können tausende von Linsen **12** umfassen.

In dieser Ausführungsform werden die Linsen **12** der ersten Linsenanordnung **110** als Linsen **130** bezeichnet. Jede Linse **130** hat eine positive Brechkraft. Sie weist eine Brennweite  $f_1$  von 3,0 mm und die Blendenzahl  $f/2$  auf. Jede Linse **130** arbeitet für sich als Abbildungslinse. Jede Linse **130** ist derart ausgebildet, daß sie ein eindeutiges Segment des Bildfeldes aufnimmt und daß sie einen umgekehrten Bildabschnitt entsprechend diesem Bildfeldsegment erzeugt. Jede Linse **130** erzeugt also einen kleinen, diskreten und umgekehrten Abschnitt **135** des Gesamtbildes. Die Bildabschnitte sind nicht zusammenhängend und sind auch nicht zueinander so einwandfrei ausgerichtet, als daß sie eine direkte Betrachtung oder eine Filmfotografie zulassen würden (siehe Fig. 4). Die zweite Linsenanordnung **120** wird benötigt, um diese von der ersten Linsenanordnung **110** erzeugte Vielzahl von Bildabschnitten **135** (die auf der Zwischenbildebene **136** angeordnet sind) noch einmal derart abzubilden, daß aus dieser Vielzahl von Bildabschnitten **135** ein einziges, zusammenhängendes und richtig ausgerichtetes Bild **I** gebildet wird. Die Linsen **12** der zweiten Linsenanordnung **120** werden als Linsen **140** bezeichnet. Diese Linsen **140** haben eine positive Brechkraft. Sie weisen eine Brennweite  $f_2$  von 0,5 mm und die Blendenzahl  $f/2$  auf. Jede Linse **140** entspricht einer Linse aus der Vielzahl von Linsen **130** auf der ersten Linsenanordnung **110**. Jede Linse **140** arbeitet als Relaislinse. Das heißt, daß jede Linse **140** der zweiten Linsenanordnung **120** einen Bildabschnitt **135**, der von der entsprechenden Linse **130** auf der ersten Linsenanordnung **110** erzeugt wurde, noch einmal abbildet und diesen Bildabschnitt noch einmal umkehrt. Das Bild **I** kann auf einer beliebigen lichtempfindlichen Oberfläche gebildet werden, u. a. auf fotografischem Film, auf Fotopapier oder auf einer CCD-Anordnung.

In einigen Digitalkameraanwendungen kann es vorzugsweise der Fall sein, daß das auf den lichtempfindlichen Pixeln der Abtastanordnung erzeugte Bild **I** nicht zusammenhängend ist, weil diese Pixel nicht im wesentlichen benachbart zueinander angeordnet sind. In diesem Fall bilden die Linsen **140** die Vielzahl der "ungeordneten" Bildabschnitte **135** in einer Vielzahl von geordneten endgültigen Bildabschnitten ab, die ein gesamtes, richtig ausgerichtetes und zusammenhängendes Bild **I** des Gegenstands **O** bilden.

Die Brennweiten  $f_1$  der Linsen **130** sind relativ kurz, vorzugsweise kürzer als 15 mm und möglichst kürzer als 12 mm oder noch besser kürzer als ca. 10 mm und am besten in Bereich von 2 bis 7 mm. Wie zuvor erwähnt, beträgt die Brennweite in dieser Ausführungsform 3 mm. Sie kann allerdings 1 mm oder 0,5 mm kurz sein. Je kürzer die Brennweite  $f_1$  ist, um so kompakter ist die Gesamtlänge des Linsenanordnungssystems. Je kürzer die Brennweite  $f_1$  ist (bei dem gegebenen Bildfeld für jede Linse **120**), um so kleiner ist aber auch der Zwischenbildabschnitt **135**. Wenn  $f_1$  also im Bereich von 1 mm bis 0,5 mm (oder noch kürzer) liegt, können die Bildabschnitte **135** möglicherweise zu klein werden, um auf einem Film noch einmal einwandfrei abgebildet werden zu können. Wenn Film als lichtempfindliches Medium benutzt wird, ist die Filmkorngröße einer der Hauptfaktoren für die Bestimmung der kleinstmöglichen Größe der Bildabschnitte **135**. In Digitalkameraanwendungen kann die Brennweite  $f_1$  auf die Größe der lichtempfindlichen Pixel beschränkt werden. Vorzugsweise sollte  $f_1$  daher größer als 0,5 mm und vorzugsweise größer als 1,0 mm sein.

Fig. 4 zeigt, daß die erste Linsenanordnung **110** Bildabschnitte **135** (auf einer Zwischenbildebene **136**) eines Gegenstandes **O** bildet, der in einem Motivabstand  $d_1$  zum vorderen Scheitelpunkt der Mittellinse **130** beabstandet ist. Der Motivabstand  $d_1$  ist vorzugsweise größer oder gleich dem Zwanzigfachen der Brennweite  $f_1$  der Linse **130** (d. h.  $d_1$  ist mehr als das Zwanzigfache von  $f_1$ , wobei  $f_1$  kleiner als 15 mm ist). Jeder Gegenstand, der in einem typischen Betrachtungsabstand für die Kameraanwendungen angeordnet ist (d. h. 30X mm oder mehr zur Kamera entfernt), wird bei Motivabständen angeordnet sein, die für die erste Linsenanordnung **110** praktisch im Bereich von unendlich liegen. Die Zwischenbildebene **136** dient als Motivebene für die Linsenanordnung **120** und sollte sich in einem Abstand  $d_2$  hinter der Brennebene  $F$  der ersten Anordnung befinden, wobei der Abstand  $d_2$  kleiner 5% von  $f_1$  ist. Die Ausführungsform dieses Linsenanordnungssystems ist daher gegenüber Veränderungen der Motivposition unempfindlich. Dies wird schematisch in Fig. 4A gezeigt, wobei der Abstand  $d_2$  stark übertrieben dargestellt wird.

Um eine vernünftige bildseitige Brennweite zu erhalten, sollte das Verhältnis von  $f_1$  zu  $f_2$  zwischen 1 und 10 betragen, wobei  $f_1$  die Brennweite der vorderen Linsenanordnung **110** ist und  $f_2$  die Brennweite der hinteren Linsenanordnung **120**. Dieses Verhältnis sollte vorzugsweise zwischen 1 und 7 und möglichst sogar zwischen 1 und 5 liegen. Je kürzer  $f_2$  ist, um

so kompakter ist das gesamte Linsenordnungssystem. Wenn das Verhältnis der beiden Brennweiten  $f_1/f_2$  kleiner als 1 wird, wird die bildseitige Brennweite zu groß, worunter die Kompaktheit des Linsenordnungssystems leidet. Wenn das Verhältnis der beiden Brennweiten  $f_1/f_2$  größer als 20 wird, wird das Bildfeld der Relaislinsen 140 recht groß, die Korrektur der Aberrationen des Linsenordnungssystems wird schwierig, und die Bildqualität leidet. Wie zuvor erwähnt, ist  $f_1$  in dieser Ausführungsform 3,0 mm und  $f_2$  ist 0,5 mm. Der Wert des Verhältnisses von  $f_1$  zu  $f_2$  beträgt 6,0. Der Abstand zwischen der zweiten Anordnung (Relaisanordnung) und der Zwischenbildebene 136 sollte größer oder  $1,2 \times f_2$  sein, um eine praktikable Gesamtlänge zu erzielen. Falls es wünschenswert ist, die Bildabschnitte 135 auf der Abbildungsebene noch einmal im Vergrößerungsverhältnis 1 : 1 abzubilden, sollten die Linsen 140 von der Zwischenbildebene um einen Abstand  $d_3$  beabstandet sein, der gleich  $2 \times f_2$  ist (siehe Fig. 4A). Die Abbildungsebene würde in einem Abstand  $d_4$  angeordnet sein (wobei  $d_4$  gleich dem Zweifachen von  $f_2$  ist, und  $f_2$  die Brennweite der Linsen 140 ist), und zwar hinter der zweiten Linsenanordnung. Die bildseitige Brennweite des Linsenordnungssystems kann größer als  $2 \times f_2$  sein, wenn von den Linsen 140 eine stärkere Vergrößerung als 1 : 1 verlangt wird. Das Linsenordnungssystem 100 hat eine bildseitige Brennweite von ca. 1,7 mm. Die Gesamtlänge T des Linsenordnungssystems 100 beträgt ca. 5,2 mm.

Eine lichtundurchlässige Streulichtplatte 150 mit mehreren Öffnungen 155 ist vor der Linsenanordnung 110 angeordnet (Fig. 5 und 6). Sie kann als Aperturblendenanordnung dienen. Die Öffnungen 155 der Streulichtplatte 150 sind mit den einzelnen Linsen 130 ausgerichtet, damit die richtigen Lichtstrahlen durch das Linsenordnungssystem treten können. Die Größe und Form der Linsen 130 entspricht der Größe und Form der Öffnungen 155. Der lichtundurchlässige Bereich der Streulichtplatte 150 verhindert, daß Lichtstrahlen zwischen den Linsenelementen hindurchtreten, dann weiter in das Linsenordnungssystem als unerwünschte Streulichtstrahlen treten und die Bildqualität vermindern. Die Funktion der Streulichtplatte 150 kann auch in die Struktur der Linsenanordnung 110 integriert werden, indem man den Träger der Linsenanordnung 110 in allen nicht von den Linsen 130 belegten Bereichen gegen Licht undurchlässig macht.

Das Bildfeld der ersten Linsenanordnung 110 ist durch eine lichtundurchlässige Streulichtblendenanordnung 160 begrenzt (Fig. 7). Die Streulichtblendenanordnung 160 umfaßt eine bildfeldbegrenzende, lichtundurchlässige Platte 162 mit einer Vielzahl von Aperturen 165 und einer Vielzahl von Streulichtwänden 167. Diese Streulichtwände 167 absorbieren aus der Linse 130 austretende Streulichtstrahlen (A) und verhindern somit, daß sich diese Strahlen entweder zu einem anderen (ungeeigneten) Bildsegment 135 fortpflanzen, oder daß sie von den Wänden reflektiert werden und sich zu dem Bildsegment fortpflanzen, das diesem Linsenelement 130 zugeordnet ist. Die Streulichtwände 167 können auch als Abstandshalter zwischen der Linsenanordnung 110 und der Zwischenbildebene dienen. Die mit einer Vielzahl von Aperturen 165 versehene lichtundurchlässige Platte 162 dient als Bildfeldblende. Insbesondere ist die lichtundurchlässige Platte 162 in oder in Nähe der Zwischenbildebene 136 angeordnet. Jede Apertur 165 umrahmt einen kleinen Bildabschnitt 135, der von einer der Linsen 130 erzeugt wird, und in Verbindung mit dem lichtundurchlässigen Abschnitt der Platte 162 dient diese Apertur als eine Bildfeldblende für diese Linse. Der lichtundurchlässige Abschnitt der Platte 162 hält zudem unerwünschte Bildfeldstrahlen B ab und verhindert, daß sich diese Strahlen zur Relaislinsenanordnung 120 fortpflanzen. In Nähe der lichtundurchlässigen Platte 162 ist ein Verschluß 170 angeordnet. Er besteht aus einer Reihe von Öffnungen 175 in einer lichtundurchlässigen Verschlußplatte 172. Beispiele für den Verschluß 170 werden schematisch in Fig. 8A-8C dargestellt. Der Verschluß 170 kann vor oder hinter der Zwischenbildebene angeordnet sein. Die Öffnungen 175 des Verschlusses 170 sind mit den lichtundurchlässigen Bereichen der lichtundurchlässigen Platte 162 ausgerichtet, können jedoch versetzt werden, beispielsweise durch einen federbetriebenen Mechanismus M, derart, daß die Öffnungen auf die Öffnungen 165 ausrichtbar (Fig. 7) sind, um das lichtempfindliche Medium für die gewünschte Zeit zu belichten. Damit diese Art von Verschlußmechanismus funktioniert, müssen die in Nähe der Brennebene der Abbildungslinsen 130 angeordneten Zwischenbildabschnitte gleich oder kleiner als die Hälfte der Abstände zwischen (den Mittelpunkten) der Linsen 130 sein. Es kann auch eine andere Verschlußanordnung verwendet werden. Beispielsweise können herkömmliche Verschlüsse, wie ein Brennebenenverschluß oder ein Irisverschluß vor dem Linsenordnungssystem angeordnet werden, um zu verhindern, daß der lichtempfindliche Bereich belichtet wird. Wenn ein herkömmlicher Verschluß verwendet wird, kann der Abstand zwischen den Bildabschnitten 135 kleiner oder größer als die Hälfte des Abstands zwischen den Mittelpunkten der Linsen sein.

Das Linsenordnungssystem 200 der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in Fig. 9A und 9B dargestellt. Das Linsenordnungssystem 200 umfaßt drei Linsenanordnungen 110, 115 und 120. Die Linsenanordnungen 110 und 120 der zweiten Ausführungsform haben die gleiche Funktion wie die Linsenanordnungen 110 und 120 der ersten Ausführungsform. Die Linsenanordnung 110 ist die Abbildungslinsenanordnung, und die Linsenanordnung 120 ist die Relaislinsenanordnung. Die Linsenanordnung 120 umfaßt eine Vielzahl von Linsen 140. Die Linsenanordnung 115 dient als Kollektivlinse. Sie ist in oder in Nähe der Zwischenbildebene angeordnet und beugt die Bildfeldstrahlen zur optischen Achse der einzelnen Linse, so daß die Linsenbündel auf jeder Linse 140 kleiner werden. Die Bildfeldlinsenanordnung 115 ist insbesondere in Linsenordnungssystemen mit einem großen Bildfeld nützlich, da sie mehr Lichtstrahlen zur Linsenanordnung 120 schickt und somit kleinere Linsen 140 in der Linsenanordnung 120 ermöglicht. In diesem System können die lichtundurchlässige Platte 162 und der Verschluß 170 entweder vor oder hinter der Bildfeldlinsenanordnung 115 angeordnet sein, wobei Fig. 9B die Bildfeldlinsenanordnung 115 hinter der lichtundurchlässigen Platte und dem Verschluß zeigt. Wie zuvor erwähnt, sind die Öffnungen 175 des Verschlusses 170 mit den lichtundurchlässigen Bereichen der lichtundurchlässigen Platte 162 ausgerichtet, können jedoch versetzt werden, beispielsweise durch einen federbetriebenen Mechanismus M, derart, daß die Öffnungen auf die Öffnungen 165 ausrichtbar sind, um das lichtempfindliche Medium für die gewünschte Zeit zu belichten. In Fig. 9A befindet sich der Verschluß in der geschlossenen Stellung, während sich in Fig. 9B der Verschluß in der geöffneten Stellung befindet. Wie in der vorherigen Ausführungsform dient die Zwischenbildebene 136 als Motivebene für die Linsenanordnung 120 und sollte in einem Abstand  $d_5$  hinter der Brennebene F der ersten Anordnung angeordnet sein, wobei der Abstand  $d_5$  kleiner als 5% von  $f_1$  ist. Dieses Linsenordnungssystem ist daher unempfindlich gegenüber Veränderungen in der Motivposition.

Das Linsenordnungssystem 300 der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in Fig. 10 dargestellt. Das Linsenordnungssystem 300 umfaßt zwei Linsenanordnungen 110 und 120. Die Linsenanordnungen 110 und 120 des Linsenordnungssystems 300 haben die gleiche Funktion wie die Linsenanordnungen 110 und 120 der

ersten Ausführungsform. Die Linsenanordnung 110 ist die Abbildungslinsenanordnung. Sie besteht aus einer Vielzahl von Linsen 130. In dem Linsenanordnungssystem 300 sind alle Linsen 130 mit Ausnahme einer zentralen Linse nicht mittig angeordnet. Ihre jeweilige optische Achse 18 sowie ihre Linsenraum-Symmetrieachse 14 überlagern sich also nicht. Dies wird in Fig. 11 dargestellt. Die Linsenraum-Symmetrieachse ist als eine Symmetrieachse des Raums definiert, der von einer einzelnen Linse belegt wird. Die Parameter für eine beispielhafte Linse 110 werden detailliert in der nachstehenden Beschreibung der Linsenkomponenten beschrieben. Durch diese Anordnung der Linsen auf der Linsenanordnung 110 kann jedes einzelne Bildsegment 135 mittig auf der Linsenraum-Symmetrieachse 14 der entsprechenden Linse 130 angeordnet sein. Die entsprechende Linse 140 der zweiten Linsenanordnung 120 kann dadurch unmittelbar hinter ihrer entsprechenden Linse 130 angeordnet sein. Die optische Achse 18' der zweiten Linsenanordnung 120 kann kollinear mit der Linsenraum-Symmetrieachse 14 der ersten Linsenanordnung 110 sein. Dies macht ein sehr kompaktes Linsenanordnungssystem möglich.

Das Linsenanordnungssystem 400 der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in Fig. 12 dargestellt. Das Linsenanordnungssystem 400 umfaßt zwei Linsenanordnungen 110 und 120. Die Linsenanordnungen 110 und 120 des Linsenanordnungssystems 400 haben die gleiche Funktion wie die Linsenanordnungen 110 und 120 der dritten Ausführungsform. Die Linsenanordnung 110 ist die Abbildungslinsenanordnung. Sie besteht aus einer Vielzahl von Linsen 130. In dem Linsenanordnungssystem 400 sind alle Linsen 130 mit Ausnahme einer zentralen Linse "geneigte" Linsen. Der mittlere Strahl in deren Bildfeld verläuft also nicht senkrecht zur Zwischenbildebene 136. Diese Anordnung wird in der nachstehenden Beschreibung der Linsenkomponenten beschrieben. Die Linsenanordnung 120 ist die Relaislinsenanordnung (oder die Anordnung zum nochmaligen Abbilden) und umfaßt eine Vielzahl von Linsen 140. Die Linsenanordnung 120 ist darauf ausgelegt, als Bildfeldlinsenanordnung zu dienen. Die vorderen Flächen der Linsen 140 sind also konvex. Die vordere Fläche (Objektiv) der Linsenanordnung 120 ist in oder in Nähe der Zwischenbildebene angeordnet und beugt die Bildfeldstrahlen zur optischen Achse 18' der Linse 140 der zweiten Linsenanordnung 120. Die hintere Linsenfläche  $S_4$  (d. h. die der Abbildungsebene gegenüberliegende Fläche) der Linsenanordnung 120 dient zum nochmaligen Abbilden. Die Linsenanordnung 120 bildet die Vielzahl der umgekehrten Bildsegmente 135, die in der Zwischenbildebene angeordnet sind, nochmals als einwandfrei ausgerichtetes Bild auf der Abbildungsebene ab. Dieses Bild ist zusammenhängend, wenn das Linsenanordnungssystem die Abbildung auf einem Film vornimmt. Es kann zusammenhängend oder unzusammenhängend sein, wenn als lichtempfindliche Oberfläche eine CCD-Anordnung oder eine ähnliche Anordnung zum Einsatz kommt.

Wie zu sehen ist, sind die Mittelpunkte der Linsen 130 in bezug zu den Mittelpunkten der entsprechenden Linsen 140 versetzt. Das Linsenanordnungssystem 400 ist nicht so kompakt wie das Linsenanordnungssystem 300. Um die gleiche Abbildungsgröße wie bei dem Linsenanordnungssystem 300 zu erzielen, muß die Linsenanordnung 110 des Linsenanordnungssystems 400 nämlich größer sein als die Linsenanordnung 120.

#### BEISPIEL 1

Bezug nehmend auf Fig. 13 wird eine Linsenanordnung 10 mit einer Anordnung aus achromatischen, brechenden/beugenden Linsen 12 oder mit brechenden Linsen gebildet. Eine derartige Anordnung kann als erste Anordnung 110 in der ersten, zweiten bzw. dritten Ausführungsform des Linsenanordnungssystems benutzt werden. Diese Ausführungsformen werden nun in der Beschreibung des Linsenanordnungssystems beschrieben. Es ist hier zu beachten, daß der Mittelpunkt der optischen Achse 18 jeder Linse 12 um einen Abstand  $d$  relativ zum festen Abstand  $X$  zwischen den einzelnen Zellen versetzt ist, und zwar als Funktion des Radialabstands zur optischen Achse der zentralen Linse. Die um die optischen Achsen 18 jeder Linse 12 dargestellten Linien 15 sind topografische Linien, die die Höhenänderungen der Linsenoberfläche bezeichnen. Eine lichtundurchlässige Maske 16 füllt die Bereiche zwischen den Linsen 12 auf, um zu verhindern, daß sich Streulicht in dem optischen System weiter fortpflanzt. Die in Fig. 13 dargestellte Anordnung stellt nur einen kleinen Teil einer Anordnung dar, der in einer tatsächlichen Kamera zum Einsatz kommt. In einer tatsächlichen Implementierung werden mehr Linsen zur Bildung einer Anordnung benutzt. Es können auch andere Konfigurationen der Linsen 12 benutzt werden, beispielsweise derart, daß man die äußere Peripherie jeder Linse quadratisch, sechseckig oder kreisförmig gestaltet, ohne damit vom Gegenstand dieser Erfindung abzuweichen.

Um für die Linsenanordnung 10 unterschiedliche Bildfeldwinkel zu sehen, ist die optische Achse 18 der Linsen 12 in der Linsenanordnung in einem Abstand angeordnet, der zunehmend größer wird als der Abstand von Mittelpunkt zu Mittelpunkt der einzelnen Zellen der Linsenanordnung. Wie zuvor erwähnt, nimmt der Versatz  $d$  der optischen Achse 18 der Linsen radial vom Mittelpunkt der Anordnung zu. Dadurch, daß eine Linse aus dem Mittelpunkt verschoben wird, beginnen sich die Strahlen von den Bildfeldwinkeln außerhalb der Achse senkrecht zur Zwischenbildebene zu neigen. Indem man die optische Achse 18 der Linse radial weiter nach außen bewegt, wobei der Abstand zum Mittelpunkt der Anordnung wächst, entspringt die winkelige Lage des Gegenstandes an dem Bildfeldmittelpunkt für eine gegebene Linse zunehmend aus zur Achse versetzten Segmenten des Gesamtbildfeldes (siehe Fig. 14).

Die erforderliche Dezentrierung für eine Linse 12 mit einer Brennweite  $FL_1$ , die erforderlich ist, um den Strahl von dem gewünschten Bildfeldwinkel in den Mittelpunkt der Bildfeldblende des Linsenanordnungselements zu beugen, kann aus den Gleichungen zur Paraxialstrahlengangsbestimmung ermittelt werden. Die Paraxialgleichungen lauten:

$$y' = y_0 + nu(t/n) \\ n'u' = n_0u_0 - y\theta$$

wobei folgendes gilt:

- $y'$  = die Höhe nach der Fortpflanzung zur nächsten Fläche
- $y_0$  = die Höhe an der vorherigen Fläche
- $u$  = paraxialer Neigungswinkel (Radianten)
- $u_0$  = der Neigungswinkel vor der Brechung



$\theta$  = die Brechkraft des Linsenanelementes ( $\theta = 1/f$ )

$n$  = der Brechungsindex des Mediums

Der Versatz  $d$  für eine gegebene Linse mit der Brechkraft  $\theta = (1/f)$ , die erforderlich ist, um den Mittelstrahl von einem gegebenen Einfallswinkel  $u_0$  nach der Brechung auf einen gewünschten Winkel  $u'$  zu beugen, ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$d = y = (n_0 u_0 - n' u') / \theta$$

Die Erfindung benutzt eine Anordnung von Linsen, wobei der lokale Versatz der optischen Achsen der Linsen sich als Funktion der radialen Position in bezug zum Mittelpunkt der optischen Achse des Linsenanelementsystems verändert, so daß:

$$d(r) = (n_0 u_0(r) - n' u'(r)) / \theta$$

Die Erfindung besteht daraus, daß der Mittelpunktsabstand der Linsen derart eingestellt ist, daß für den Mittelstrahl innerhalb eines Bildfeldes einer gegebenen Linse (siehe Fig. 14)  $u'(r) = 0$  ist. In diesem Fall ist der Mittelpunktsabstand  $d$ , der für ein gegebenes Element erforderlich ist, ungefähr eine lineare Funktion des Radialabstands des Elements zu der optischen Achse des Systems.

Bezug nehmend auf Fig. 14 ist die Linsenanordnung 10 über einer Zwischenbildebene angeordnet und erzeugt eine Vielzahl von Bildsegmenten 135. Neben der Zwischenbildebene 136 kann ein Verschluß angeordnet sein. Die Linsenanordnung 10 wird von den Verschlüssen anhand von Abstandshaltern 22 beabstandet, die auch als Streulichtwände dienen können. Wie aus Fig. 14 zu erschen ist, können die lichtundurchlässigen Streulichtbereiche 16 auf der Linsenanordnung 10 mit einer Bildfeldblende (Aperturplatte 40) kombiniert werden, um das Bildfeld eines bestimmten Fotosensors derart zu begrenzen, daß dieser das Bildfeld seines Nachbarn nur unwesentlich überlagert. Die Aperturplatte 40 ist vorzugsweise ca. 0,5 mm bis 2 mm zur Fläche der Linsenanordnung 10 beabstandet. Um ein von jeder einzelnen Linse 12 betrachtet Bildfeld weiter zu definieren, kann die Aperturplatte 40 aus einer Schicht durchsichtigen Glases bestehen, das auf einer Seite mit einem Fotolackmuster versehen ist. Die Mittelpunkte der Aperturen in der Aperturplatte 40 sind auf den Mittelpunkt des Bildfeldes (CFOV) einer entsprechenden Linse ausgerichtet. Die Abstände der Aperturmittenpunkte in der Aperturplatte 40 wachsen als Funktion der Radialposition jeder Linse radial zum Mittelpunkt der Anordnung an, wodurch die Aperturplatte etwas größer wird als die zugeordnete Linsenanordnung. Die Kombination der Streulichtbereiche 16 mit der Aperturplatte 40 und/oder der lichtundurchlässigen Platte 162 sowie eine gegebene Linsenbrennweite legen das Bildfeld für eine bestimmte Linse der Linsenanordnung fest. Die Linsenanordnung 10 kann durch Ätzen eines lichtempfindlichen Musters in Quarz oder als Epoxidabdruck auf einem Quarzträger oder als Fotolackierung auf einem Glasträger oder durch Spritzgießen als Kunststoffteil ausgebildet werden.

Die Linsen 12 bilden in Verbindung mit der entsprechenden Bildfeldblende (etwa der Aperturplatte 40) und/oder der lichtundurchlässigen Platte 162 Bilder mit einem kleinen Bildfeldsegment auf einer Zwischenbildebene 136 ab. Indem die Linsen 12 mit einem Mittelpunktsabstand  $d$  der optischen Achse 18 gebildet werden, der sich radial über die Linsenanordnung vergrößert, vergrößert sich auch der Winkel zu dem auf die Linsen 12 einfallenden Strahl als Funktion der radialen Position dieser Linsen auf der Anordnung. Indem man die Mittelpunktsabstände jeder Linse entsprechend einstellt, bezieht sich jeder Bildabschnitt auf ein eindeutiges oder anderes Segment der Szene.

Um die Leistung des Linsenanelementsystems zu verbessern, kann die Linsenanordnung 10 eine Anordnung asphärischer Linsen sein. Doch sogar asphärische Linsen korrigieren keine Abweichung der Brennweite als Funktion der Wellenlänge, wenn diese Linsen aus einem einzelnen, brechenden Material gebildet werden. Daß heißt, daß sich die Punktgröße in der Bildebene als Funktion der Farbe ändert. Um diese chromatische Aberration zu korrigieren, kann anstelle einer Anordnung aus rein brechenden Linsen ein verbessertes Linsenanelementsystem mit einer Anordnung aus beugenden/brechenden Hybridlinsen benutzt werden. Die Abbildungseigenschaften der brechenden Optik hängen stark von der Wellenlänge ab. Bei der Gestaltung einer brechenden Optik kann dieses Phänomen als direkte Abhängigkeit des äquivalenten Brechungsindex  $n(\lambda)$  von der Wellenlänge ( $\lambda$ ) dargestellt werden:

$$n(\lambda) = [\lambda_c / \lambda] (n_c - 1) + 1$$

Brechungselemente gehen ihre gesamte Wellenstreuung in einer extrem dünnen Schicht preis. Die wird in dem Sweat'schen Modell berücksichtigt, indem die Brechungselemente als Material mit sehr hohem Index ( $n_c = 10.000$ ) modelliert werden, die auf jeder Seite eine sehr geringe Krümmung aufweisen (schwache Seiten). Die entsprechende Brennweite  $f(\lambda)$  kann dann aus folgender Gleichung ermittelt werden:

$$f(\lambda) = [n(\lambda) - 1] \Delta c$$

so daß

$$f(\lambda) = (\lambda_c / \lambda) f_c$$

wobei  $\lambda_c$  = Wellenlänge im konstruktiven Zentrum ist.

Die resultierende Dispersion  $v_{\text{beug}}$  des Brechungselements ist:

$$V_{beug} = \frac{n(\lambda_c) - 1}{n(\lambda_s) - n(\lambda_L)}$$

woraus sich folgende Gleichung ergibt:

$$V_{beug} = \frac{\lambda_c}{\lambda_s - \lambda_L}$$

Für Konstruktionen mit  $\lambda_c = 587 \text{ nm}$ ,  $\lambda_s = 486 \text{ nm}$  und  $\lambda_L = 656 \text{ nm}$  ist der Wert für  $v_{beug} = -3.5$ .

Für andere Wellenlängenbänder, die von Interesse sind, kann ein entsprechender Wert  $v_{beug}$  sowie die Brechungsverteilung berechnet werden. Die direkte Abhängigkeit des entsprechenden Brechungsindex von der Wellenlänge führt zu einem kleinen, negativen Wert  $v_{beug}$  und einer hohen Wellenlängendispersion, die einem optischen Brechungselement erster Ordnung ( $m=1$ ) zugeordnet ist.

Aufgrund der von der Wellenlänge abhängigen Veränderung des Brechungsindex unterliegt eine Einzellinse einer wellenlängenabhängigen Veränderung der Brennweite. Zwei Materialien mit unterschiedlichen Dispersionen können benutzt werden, um eine Doppellinse zu bilden, die bei zwei Wellenlängen die gleiche Brennweite und eine reduzierte Abweichung über das gesamte Spektrum aufweist. Die relative Verteilung der hierzu erforderlichen Brechkräfte ergibt sich aus:

$$\phi_{brech} = \frac{V_{brech} * \phi_{gesamt}}{V_{brech} - V_{beug}}$$

Der negative Wert  $v_{beug}$  der Brechungsfläche ermöglicht die Achromatisierung einlinsiger Brechungs-/Beugungs-Hybridlinsen unter Verwendung von Beugungs- und Brechungskomponenten mit positiver Brennweite. Zudem wird der für Doppellinsen erforderliche Wert der Brennweite sowie der Blendenzahl  $F/\#$  verkleinert, weil Doppellinsen mit Beugungseigenschaften aus einer positiven Kronenlinse (mit geringer Dispersion) mit kürzerer Brennweite und kleinerer Blendenzahl  $F/\#$  bestehen, als für eine Einzellinse erforderlich ist, sowie aus einem negativen Glaselement, das die Brennweite der Doppellinse auf den richtigen Wert erhöht und die Dispersion der positiven Linse kompensiert. Dieser Effekt führt zudem zu einer Größen- und Gewichtsreduzierung des positiven Elements einer hybriden Brechungs-/Beugungslinse.

Für die herkömmliche Achromatisierung im sichtbaren Bereich (Linien d-e-f) mit PMMA-Kunststofflinsen (Polymethylmetacrylat) würde die Brechkraft in den Brechungs- und Beugungsbereichen wie folgt sein:

$$\begin{aligned} \Phi_{brech}/\Phi_{gesamt} &= 94.25\% \\ \Phi_{beug}/\Phi_{gesamt} &= 5.75\% \end{aligned}$$

Fachleuten ist selbstverständlich klar, daß auch Träger aus Quarz oder optischen Gläsern, wie BK7, oder Epoxidabdrucke auf Quarzträgern verwendbar sind.

Die Verwendung der beugenden/brechenden hybriden Achromatisierung erlaubt die Verwendung beugender Oberflächen mit längeren Brennweiten und größeren Blendenzahlen. Ein beugendes Linsenelement mit großer Blendenzahl ist aufgrund der großen Zonenabstände einfacher herzustellen. Für eine Linse mit einer Blendenzahl von beispielsweise 3.0 und 2.0 würde die Analyse erster Ordnung der brechenden und beugenden Teile folgende Werte für Brennweite ( $f$ ) und Blendenzahl ( $F/\#$ ) ergeben:

$$\begin{aligned} f_{brech} &= 3.186 \text{ mm } F/\# = 2.12 \\ f_{beug} &= 52.176 \text{ mm } F/\# = 34.8 \end{aligned}$$

Das setzt voraus, daß der beugende Teil der Linse ausschließlich für die chromatische Korrektur erster Ordnung verwendet wurde.

Die beugenden Linsen 12 werden in Fig. 15A, 16A und 17A für einen Bildfeldwinkel von  $0^\circ$ , für einen Bildfeldwinkel von  $16^\circ$  und für einen vollen Bildfeldwinkel gezeigt. Bei einem Vergleich dieser Figuren ist zu beachten, daß sich die optische Achse 18 als Funktion des Feldwinkels radial nach außen bewegt. Die Streulichtblende 16 dient dem System als Aperturblende und begrenzt das Bildfeld einer gegebenen Linse 12.

Fig. 15B, 15C, 16B, 16C, 17B und 17C stellen die tangentialen und sagittalen Aberrationskurven für die jeweiligen Linsen dar. Bemerkenswert ist, daß die Gesamtpunktgröße einschließlich der chromatischen Aberration ca.  $30 \mu\text{m}$  beträgt. Die Volllinien stellen eine Wellenlänge von  $546.1 \text{ nm}$  dar, die Punktlinien eine Wellenlänge von  $656.1 \text{ nm}$  und die Strich-Punkt-Linien eine Wellenlänge von  $460.0 \text{ nm}$ , was dem Licht im grünen, roten und blauen Bereich entspricht.

Die folgende Tabelle zeigt die optischen Konstruktionsparameter für die Linsenanordnungselemente bei  $0^\circ$ ,  $16^\circ$  und  $24^\circ$ . Die Linsenanordnungselemente in den dazwischen liegenden Bildfeldwinkeln können aus diesen Werten interpoliert werden.

#### Beispiel 1.A

Linse im Winkel von  $0^\circ$

Brennweite = 3,0 mm  
 Blendenzahl = 2,0

TABELLE 1

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand		Unendlich	Luft
1 Aperturblende		2,0	BK7
2	-1,639	3,0	Luft
Asph. Koeff.	$k=0,973$ $AD=1,04 \times 10^{-1}$ $AE=-3,35 \times 10^{-2}$ $AF=1,17 \times 10^{-1}$ $AG=-7,75 \times 10^{-2}$	Beugungskoeff.   Element- Mittenabstand $DC=0,0$	$DF3=-8,2 \times 10^{-3}$ $DF5=-8,4 \times 10^{-3}$ $DF10=-8,3 \times 10^{-5}$ $DF14=1,4 \times 10^{-3}$ $DF21=4,5 \times 10^{-4}$ $DF27=-2,3 \times 10^{-3}$
Bild			Luft

Beispiel 1.B

Linse im Winkel von  $16^\circ$   
 Brennweite = 3,0 mm  
 Blendenzahl = 2,0

Tabelle 2

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand		Unendlich	Luft
1 Aperturblende		2,0	BK7
2	-1,602	3,0	Luft
Asph. Koeff.	$k=0,670$ $AD=-7,0 \times 10^{-3}$ $AE=2,1 \times 10^{-2}$ $AF=-5,9 \times 10^{-3}$ $AG=6,5 \times 10^{-4}$	Beugungs-koeff.   Element- Mittenabstand $DC=-0,513$	$DF3=-4,8 \times 10^{-4}$ $DF5=-4,7 \times 10^{-3}$ $DF10=1,4 \times 10^{-2}$ $DF14=-3,6 \times 10^{-3}$ $DF21=-5,2 \times 10^{-3}$ $DF27=6,2 \times 10^{-4}$
Bild			Luft

Linse im Winkel von 24°  
 Brennweite = 3,0 mm  
 Blendenzahl = 2,0

Tabelle 3

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand		Unendlich	Luft
1 Aperturblende		0,5	BK7
2	-1,509	0,391	Luft
Asph. Koeff.	k=0,570 AD=0,0 AE=-4,6x10 <sup>-3</sup> AF=9,5x10 <sup>-3</sup> AG=-1,2x10 <sup>-3</sup> AH=1,4x10 <sup>-4</sup>	Beugungskoeff.   Element- Mittenabstand DC=-0,872	DF3=7,8x10 <sup>-3</sup> DF5=5,2x10 <sup>-3</sup> DF10=1,0x10 <sup>-2</sup> DF14=-6,3x10 <sup>-2</sup> DF21=-2,9x10 <sup>-3</sup> DF27=7,3x10 <sup>-4</sup>
Bild			Luft

wobei das asphärische Flächenprofil wie folgt definiert ist:

$$z(r) = \frac{cv \cdot r^2}{1 + \sqrt{1 - (k + 1)cv^2 r^2}} + AD \cdot r^4 + AE \cdot r^6 + AF \cdot r^8 + AG \cdot r^{10}$$

das Profil der Beugungsphase ist definiert als:

$$\phi(r) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (DF_3 x^2 + DF_5 y^2 + DF_{10} x^4 + DF_{14} y^4 + DF_{21} x^6 + DF_{27} y^6)$$

wobei  $\lambda_0 = 546,1 \text{ nm}$  ist.

## BEISPIEL 2

Bezug nehmend auf Fig. 18 und 19 ist die erste Linse 12, 130 ein Element einer ersten Linsenanordnung 110, die aus einer Vielzahl von Linsen gebildet wird. Eine derartige Anordnung kann als eine erste Linsenanordnung in der ersten, zweiten oder vierten Ausführungsform der Linsenanordnungssysteme benutzt werden. Jede Linse 12, 130 ist mit einem Beugungsmuster S' ausgebildet, das aus einer sphärischen Brechungsfläche S<sub>1</sub> besteht. Gegenüber der Seite S<sub>1</sub> liegt eine zweite Seite S<sub>2</sub>. Seite S<sub>2</sub> ist eine asphärische Fläche. Die Facettenfläche des Beugungsmusters S' ist in der Schnittdarstellung aus Fig. 20 deutlich dargestellt. An einem Radius R<sub>1</sub> ist die zweite Seite S<sub>2</sub> konvex und geht am Radius R<sub>2</sub> in eine konkave Fläche über (wo R<sub>2</sub> größer als R<sub>1</sub> ist). Die zweite Seite S<sub>2</sub> wird durch eine polynome asphärische Fläche gebildet, die am Radius R<sub>3</sub> eine Einbuchtung aufweist (wobei R<sub>3</sub> größer als R<sub>2</sub> ist). Die ersten und zweiten Seiten stehen im wesentlichen senkrecht zur optischen Achse 18 der Linse 12. Die Linse 12 kann als Epoxidelement unter Verwendung einer Quarz- oder Fotolackmaske auf einem Glasträger gebildet werden, oder sie kann als Kunststoffteil in Spritzgießtechnik hergestellt werden.

Bezug nehmend auf Fig. 20 treten die einfallenden Lichtstrahlen 30 durch die Aperturplatte 40 und werden durch Linse 12, 130 auf einer Brennebene (F<sub>1</sub> 50) fokussiert. Die beugende/brechende Oberfläche aus S<sub>1</sub> und S' korrigiert die chromatischen Aberrationen und stellt den Großteil der Brechkraft, während die asphärische Fläche S<sub>2</sub> die Korrektur der bildfeldabhängigen Aberrationen, wie Petzval-Krümmung, Astigmatismus und Koma korrigiert. Die Linse hat eine Blendenzahl F# von 2,0 und eine Brennweite FL von 3 mm, wobei die Brennweite allgemein jedoch von 1 mm bis 5,0 mm gehen könnte.

Bezug nehmend auf Fig. 21A und 21B sind die einzelnen Linsen 12 von Fig. 20 und 21 segmentiert und in einer Linsenanordnung 10 ausgebildet. Wie in Fig. 21A und 21B zu sehen ist, ist der Mittelpunkt der optischen Achse 18 jeder Linse 12 als Funktion des radialen Abstands zur optischen Achse der zentralen Linse versetzt, während in Fig. 21B die optischen Achsen 18 nach innen versetzt sind. Die um die optischen Achsen 18 jeder Linse 12 dargestellten Linien 15 sind topografische Linien, die die Höhenänderungen der Linsenoberfläche bezeichnen. Eine Anordnung aus lichtundurchlässigen Bereichen 16, die auch als Aperturblenden dienen, füllt die Bereiche zwischen den Linsen 12 auf, um zu verhindern, daß sich Streulicht in dem optischen System weiter fortpflanzt. Die in Fig. 21A und 21B dargestellte Anordnung stellt nur einen kleinen Teil einer Anordnung dar, die in einer tatsächlichen Kamera zum Einsatz kommt. Die opti-

sche Achse jeder Linse und auch die Linse selbst ist nicht direkt über ihrem zugehörigen Bildabschnitt ausgerichtet. Statt dessen sind die Linsen derart versetzt, daß sie in regelmäßigen Intervallen auf der Zwischenbildebene 136 die Bildabschnitte 135 bilden. Es können auch andere Konfigurationen der Linsen benutzt werden, beispielsweise derart, daß man die äußere Peripherie jeder Linse quadratisch, sechseckig oder kreisförmig gestaltet, ohne damit vom Gegenstand dieser Erfindung abzuweichen.

Daß die Erfindung nur Teile der Linsen verwendet, liegt daran, daß für einen zugehörigen Bildabschnitt nur ein Bruchteil der Linse für ein bestimmtes ringförmiges Bildfeld benutzt wird.

Fig. 22 und 23 zeigen Schnittansichten entlang Linie 4-4 in Fig. 21A und 21B zur Darstellung der Linsenanordnung 10, 110, die über der Zwischenbildebene angeordnet ist und eine Anzahl von Bildabschnitten 135 bildet, die zahlenmäßig mindestens der Anzahl der die Anordnung 10, 110 bildenden Anzahl von Linsen entsprechen. Die Linsenanordnung 10, 110 wird durch Abstandshalter 167 zur Zwischenbildebene beabstandet, die gleichzeitig als Streulichwände dienen. Die Aperturplatte 40 begrenzt in Verbindung mit den Streulichwänden 167 und der Bildfeldblendenanordnung 42 das einem bestimmten Bildabschnitt zugeordnete Bildfeld, so daß es das Bildfeld seines Nachbarn nur unwesentlich überlagert. Die Bildfeldblendenanordnung 42 ist vorzugsweise ca. 0,5 mm bis 2 mm zur Fläche der Linsenanordnung 10 beabstandet.

Der Mittelpunkt der Aperturen in der Aperturplatte 40 und der Bildfeldblendenanordnung 42 ist auf den Mittelpunkt des Bildfeldes einer zugeordneten Linse ausgerichtet. Der Abstand der Mittelpunkte vergrößert sich als Funktion des Bildfeldwinkels jeder Linse zum Mittelpunkt der Anordnung, wodurch die Aperturplatte etwas größer als die zugeordnete Linsenanordnung wird. Die Verbindung aus Aperturplatte 40 und Bildfeldblendenanordnung 42 unter einer gegebenen Linsenbrennweite legt das Bildfeld jeder Linse sowie die Position der Bildabschnitte auf der Zwischenbildebene fest.

Wie zuvor erwähnt, können verbesserte Linsenanordnungen mit einer Anordnung aus beugenden/brechenden Hybridlinsen verwendet werden, um die chromatische Aberration zu korrigieren, die durch Verwendung eines einfach brechenden Materials auftritt. Die beugenden Linsen 12 werden in Fig. 24A, 25A und 26A für einen Bildfeldwinkel von 0°, für einen Bildfeldwinkel von 14° und für einen vollen Bildfeldwinkel gezeigt. Bei einem Vergleich dieser Figuren ist zu beachten, daß sich die optische Achse 18 als Funktion des Feldwinkels radial nach außen bewegt, während die Zelle 14 senkrecht zur Ebene der Zwischenbildebene 136 geneigt ist. Die Streulichblende 16 dient dem System als Aperturblende und begrenzt das Bildfeld einer gegebenen Linse 12.

Fig. 24B, 24C, 25B, 25C, 26B und 26C stellen die tangentialen und sagittalen Aberrationskurven für die jeweiligen Linsen dar. Bemerkenswert ist, daß die Gesamtpunktgröße einschließlich der chromatischen Aberration ca. 30 µm beträgt. Die Volllinien stellen eine Wellenlänge von 546,1 nm dar, die Punktklinien eine Wellenlänge von 656,1 nm und die Strich-Punkt-Linien eine Wellenlänge von 460,0 nm, was dem Licht im grünen, roten und blauen Bereich entspricht.

Die folgende Tabelle zeigt die optischen Konstruktionsparameter für die mittig angeordneten Linsen.

Brennweite = 0,5 mm

Blendenzahl = 2,0

TABELLE 4

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand		Unendlich	Luft
1 Aperturblende	unendlich	0,9083	Luft
2	2,805	2,9999	BK7
		Beugungskoeff.	DF1=1,058410 <sup>-2</sup> DF2=9,572x10 <sup>-4</sup>
3	-2,417	1,704	Luft
Asphärische Koeffizienten	AD=0,3245x10 <sup>-1</sup> AE=0,4534x10 <sup>-2</sup>		
Bild			Luft

Wie zuvor erwähnt, ist das asphärische Flächenprofil durch Gleichung (1) definiert:

$$z(r) = \frac{cv \ r^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)cv^2 r^2}} + AD \ r^4 + AE \ r^6 + AF \ r^8 + AG \ r^{10}$$

Das Profil der Beugungsphase ist definiert als:

$$\phi(r) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (DF_1 r^2 + DF_2 r^4 + DF_3 r^6 + DF_4 r^8 + DF_5 r^{10}) \quad \text{Gleichung (3)}$$

wobei  $\lambda_0 = 546,1 \text{ nm}$  ist.

#### Die Relaislinsenordnung

Bezug nehmend auf **Fig. 3** und **4** wird eine Relaislinsenordnung **10** mit einer Anordnung aus Brechungslinsen **12** gebildet. Eine derartige Anordnung kann als zweite Linsenordnung **120** (zum nochmaligen Abbilden) benutzt werden. In diesem Beispiel sind die Linsen aus Glas. Sie haben eine wirksame Brennweite von  $0,5 \text{ mm}$ . Die nachfolgende Tabelle zeigt die optischen Konstruktionsparameter für eine mittig angeordnete Linse aus Anordnung **120**. Diese Linse wird in **Fig. 27** dargestellt.

TABELLE 5

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand		0,19	Luft
1	unendlich	0,8	BK7
2 Aperturblende	-0,25936*	1,548	Luft
Asphärischer Koeffizient	k=0,0 AD=-0,332E+01 AE=0,833E+03 AF=-0,216E+05 AG=0,67373E+05		
Bild			Luft

\*Asphärische Fläche. Das asphärische Flächenprofil ist durch die zuvor genannte Gleichung 1 definiert.

#### Linsenordnungssystem mit integrierter Anordnung aus Kollektivlinse und Linse zum nochmaligen Abbilden

Ein Linsenordnungssystem, wie etwa das in **Fig. 10** und **12** gezeigte Linsenordnungssystem **300**, umfaßt eine erste Abbildungslinsenordnung **110** mit einer Vielzahl von Linsen **130** und eine zweite Linsenordnung **120** mit einer Vielzahl von Linsen **140**. Die zweite Linsenordnung **120** der dritten Ausführungsform **300** des Linsenordnungssystems ist eine Anordnung aus integrierter Kollektivlinse und Linse zum nochmaligen Abbilden. Diese Anordnung **120** kann mit einer Anordnung aus achromatisierten brechenden/beugenden Linsen **12**, **140** oder brechenden Linsen gebildet werden. Das Linsenordnungssystem **300** ist in der Beschreibung des Linsenordnungssystems beschrieben. Wie aus **Fig. 19** zu sehen ist, ist die vordere (objektseitige) Fläche  $S_3$  der Linsen **12** der Anordnung **120** aus integrierter Kollektivlinse und Linse zum nochmaligen Abbilden konvex und dicht zur Zwischenbildebene **136** beabstandet. Die Fläche  $S_3$  übernimmt die Funktion der Kollektivlinse. Vorzugsweise ist die vordere Fläche  $S_3$  dieser Linsen zur Zwischenbildebene etwas beabstandet (ca.  $1 \text{ mm}$  oder weniger), so daß auf der Oberfläche  $S_3$  befindliche Staubpartikel oder Kratzer nicht auf der Zwischenbildebene **136** noch einmal abgebildet werden. In diesem Beispiel ist die vordere Fläche  $S_3$  der Linsen **12** der zweiten Linsenordnung  $0,19 \text{ mm}$  zur Zwischenbildebene beabstandet. Fläche  $S_4$  der Linse **140** übernimmt (primär) die Relaisfunktion, d. h. sie weist eine positive optische Brechkraft auf und wird benutzt, um einen Bildabschnitt **135** auf der Abbildungsebene abzubilden. Die folgende Tabelle führt die optischen Konstruktionsparameter für die in

Fig. 28 gezeigten Linsen auf. Die Linsen 12 der zweiten Linsenanordnung brauchen nicht aneinanderzustößen.

Tabelle 6

Flächen-Nr.	Radius	Dicke	Glas
Gegenstand			Luft
1 Aperturblende	unendlich	2,0	BK7
2*	-1,657	3,0	Luft
Asphärischer Koeffizient	k=1,0175 AD=1,0159E-01 AE=-8,4538E-02 AF=2,5147E-01 AG=-1,9531E-01	Beugungskoeffizient	DF3=-1,002E-02 DF5=-1,029E-02 DF10=-1,813E-03 DF14=1,6915E-04 DF21=3,389E-03 DF27=2,345E-04
3	unendlich	0,19	Luft
4	unendlich	0,5	BK7
5	unendlich	0,3	BK7
6	-0,25936	1,547895	Luft
Asphärischer Koeffizient	k=0,0 AD=0,126E+02 AE=0,1688E+01 AF=0,7923E+03 AG=0,16542E+05		
Bild			Luft

\*Fläche 2 ist eine asphärische Fläche mit einem auf dieser asphärischen Fläche gebildeten Beugungsmuster. Fläche 2 ist rotationssymmetrisch. Ihr Profil ist durch Gleichung 1 definiert.

Obwohl die Erfindung unter Bezug auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben wurde, ist die Erfindung natürlich nicht auf diese Ausführungsform beschränkt, sondern kann zahlreichen, Fachleuten bekannten Änderungen und Abwandlungen unterzogen werden, dabei den Schutzgegenstand zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Linsenanordnungssystem (100, 200, 300, 400) zum Abbilden eines zugeordneten Gegenstands auf einer Abbildungsfläche, **gekennzeichnet durch**

(i) eine erste Baugruppe, die eine Bildfeldbegrenzungsmaske (40, 162) und eine erste Linsenanordnung (110) mit einer zugeordneten Brennebene F aufweist, wobei die Linsenanordnung für ein komplettes Bildfeld von über 20° geeignet ist und mehrere nichtaneinanderstoßende Bildabschnitte (135) des zugeordneten Gegen-

- stands in einer Zwischenbildebene (136) erzeugt, die im wesentlichen koplanar mit der ersten Linsenordnung (110) zugeordneten Brennebene F ist, und wobei die Linsenordnung (110) eine Vielzahl von aneinanderstoßenden Linsen (12, 130) mit positiver Brechkraft aufweist, wobei jede der Vielzahl von Linsen eine Brennweite  $f_1$  von weniger als 15 mm hat und ein bestimmtes Segment des kompletten Bildfelds einnimmt, das dem zugeordneten Gegenstand gegenüberliegt, und diese Segmente des kompletten Bildfelds zusammen das komplette Bildfeld erzeugen, und jede der Linsen (12, 130) einen dem jeweiligen Segment des kompletten Bildfelds entsprechenden Bildabschnitt (135) bildet; und
- (ii) eine zweite Baugruppe, die eine zweite Linsenordnung (120) aufweist, welche Licht von der ersten Baugruppe empfängt, wobei die zweite Linsenordnung eine Vielzahl von aneinanderstoßenden Linsen (12, 140) mit positiver Brechkraft aufweist, wobei jede der Linsen (12, 140) der zweiten Linsenordnung
- a) eine Brennweite  $f_2$  von weniger als 15 mm hat,
  - b) einen der in der Zwischenbildebene befindlichen Bildabschnitte (135) noch einmal abbildet und ein umgekehrtes Bild des Bildabschnitts (135) auf der Abbildungsfläche erzeugt, und
  - c) zusammen mit anderen Linsen (12, 140) der zweiten Linsenordnung (120) ein einziges Bild (I) des zugeordneten Gegenstands erzeugt.
2. Linsenordnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennweite  $f_2$  kleiner als die Brennweite  $f_1$  ist und das einzige Bild ein zusammenhängendes Bild ist.
3. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linsenordnung (110) und die zweite Linsenordnung (120) in Kombination ein Linsenordnungssystem (100, 200) mit einer Gesamtbrennweite von weniger als 17 mm bilden.
4. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linsenordnung (110) eine Brennweite von 7 mm hat und die erste Linsenordnung (110) und die zweite Linsenordnung (120) in Kombination das Linsenordnungssystem (100) mit einer Gesamtbrennweite von weniger als 8 mm bilden.
5. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es der folgenden Gleichung genügt:  $1.0 < f_1/f_2 < 7.0$
6. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenbildebene (136) von ihrer zugeordneten Brennebene weniger als 5% der Brennweite  $f_1$  beabstandet ist.
7. Linsenordnungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Segment des kompletten Bildfelds weniger als 2 Grad beträgt.
8. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Linsenordnungen (110, 120) aus mehr als 100 Linsen besteht.
9. Linsenordnungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Linsen (12) in mindestens einer der Linsenordnungen (110, 120) ein beugendes/brechendes Hybrid ist, um eine chromatische Aberration auszuschließen.
10. Linsenordnungssystem (200) nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine dritte Linsenordnung (115), die sich in der Nähe der Zwischenbildebene (136) befindet und zwischen der ersten Linsenordnung (110) und der zweiten Linsenordnung (120) angeordnet ist, wobei die dritte Linsenordnung (115) eine Vielzahl von Linsen (12) aufweist.
11. Linsenordnungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Linsenordnung (115) in einem Abstand von bis zu 5% der Brennweite  $f_1$  von der zugeordneten Brennebene F der ersten Linsenordnung (110) angeordnet ist und jede der Linsen (12) der dritten Linsenordnung
- a) eine optische Achse aufweist und
  - b) die Bildfeldstrahlen in Richtung der optischen Achse beugt und dadurch als Kollektivlinse fungiert.
12. Linsenordnungssystem (300, 400) zum Abbilden eines zugeordneten Gegenstands auf einer Abbildungsfläche, gekennzeichnet durch
- (i) eine erste Baugruppe, die eine Bildfeldbegrenzungsmaske (40, 42, 162) und eine erste Linsenordnung (110) mit einer zugeordneten Brennebene F aufweist, wobei die Linsenordnung (110) für ein komplettes Bildfeld geeignet ist und mehrere Bildabschnitte (135) des zugeordneten Gegenstands einer Zwischenbildebene (136) erzeugt, und wobei die Linsenordnung (110) eine Vielzahl von Linsen (12, 130) mit positiver Brechkraft aufweist, wobei jede der Vielzahl von Linsen (12, 130) eine Brennweite  $f_1$  hat und ein bestimmtes Segment des kompletten Bildfelds einnimmt, das dem zugeordneten Gegenstand gegenüberliegt, und diese Segmente des kompletten Bildfelds zusammen das komplette Bildfeld erzeugen, und jede der Linsen (12, 130) einen dem jeweiligen Segment des kompletten Bildfelds entsprechenden Bildabschnitt (135) bildet; und
  - (ii) eine zweite Linsenordnung (120), welche Licht von der ersten Baugruppe empfängt, wobei die zweite Linsenordnung eine Vielzahl von Linsen (12, 140) mit positiver Brechkraft aufweist, wobei jede der Linsen der zweiten Linsenordnung
- a) eine Brennweite  $f_2$  hat,
  - b) eine objektseitige, konvexe Oberfläche  $S_3$  aufweist, die in der Nähe der Zwischenbildebene (136) liegt
  - c) eine bildseitige, konvexe Oberfläche  $S_4$  aufweist, welche einen der Bildabschnitte (135), die in der Zwischenbildebene (136) liegen, noch einmal abbildet und ein umgekehrtes Bild des Bildabschnitts (135) auf der Abbildungsfläche erzeugt, und
  - d) zusammen mit anderen Linsen der zweiten Linsenordnung ein zusammenhängendes Bild (I) des zugeordneten Gegenstands erzeugt.
13. Linsenordnungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die konvexe, objektseitige Oberfläche  $S_3$  bis zu 1 mm von der Zwischenbildebene beabstandet ist.
14. Linsenordnungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennweite  $f_2$  kleiner als die



Brennweite  $f_1$  ist.

15. Linsenordnungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das komplette Bildfeld größer als  $20^\circ$  ist.

16. Linsenordnungssystem zum Abbilden eines zugeordneten Gegenstands auf einer Abbildungsfläche, gekennzeichnet durch

(i) eine erste Baugruppe, die

a) eine Streulichblendenanordnung (160) und

b) eine erste Linsenanordnung (110) mit einer zugeordneten Brennebene F aufweist, wobei die Linsen-  
anordnung (110) ein komplettes, dem zugeordneten Gegenstand gegenüberliegendes Bildfeld aufnimmt  
und mehrere Bildabschnitte (135) des zugeordneten Gegenstands in einer Zwischenbildebene (136) er-  
zeugt,

und wobei die Linsenanordnung (110) eine Vielzahl von Linsen (130) mit positiver Brechkraft aufweist, wobei  
jede der Vielzahl von Linsen (130) eine Brennweite  $f_1$  hat und ein bestimmtes Segment des kompletten Bild-  
felds aufnimmt, das dem zugeordneten Gegenstand gegenüberliegt, und diese Segmente des kompletten Bild-  
felds zusammen das komplette Bildfeld erzeugen, und jede der Linsen (130) einen dem jeweiligen Segment  
des kompletten Bildfelds entsprechenden Bildabschnitt (135) bildet;

wobei die Streulichblendenanordnung (160)

- eine Platte (150) mit einer Vielzahl von Öffnungen (155) von denen jede mit den jeweiligen Linsen  
(130) der ersten Linsenanordnung (110) ausgerichtet ist,

- eine Bildfeldbegrenzungsplatte (162) mit lichtundurchlässigen Bereichen und einer Vielzahl von Öff-  
nungen (165), wobei die Bildfeldbegrenzungsplatte (162) in der Zwischenbildebene (136) angeordnet ist,  
und

- eine Vielzahl von Wänden (167), die sich zwischen den Linsen (130) und der Bildfeldbegrenzungs-  
platte (162) erstrecken, aufweist;

(ii) einer zweiten Baugruppe, die eine zweite Linsenanordnung (120) mit einer Vielzahl von Linsen (140) mit  
positiver Brechkraft aufweist, wobei jede der Linsen (140) der zweiten Linsenanordnung (120)

a) einen der in der Zwischenbildebene (136) liegenden Bildabschnitte (135) noch einmal abbildet und ein  
umgekehrtes Bild des Bildabschnitts (135) auf der Abbildungsfläche erzeugt, und

b) zusammen mit anderen Linsen der zweiten Linsenanordnung ein Bild (I) des zugeordneten Gegen-  
stands erzeugt.

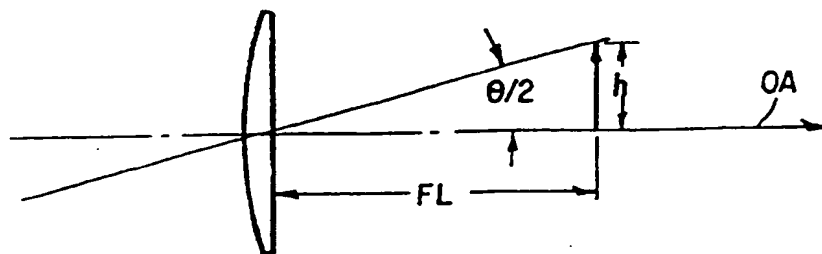
17. Linsenordnungssystem nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch einen an der Zwischenbildebene (136) an-  
geordneten Verschuß (170).

18. Linsenordnungssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Verschuß (170) einen geschlos-  
senen und einen offenen Zustand hat und eine Vielzahl von Öffnungen (175) aufweist, die mit den lichtundurchläs-  
sigen Bereichen der Bildfeldbegrenzungsplatte (162) ausgerichtet sind, wenn sich der Verschuß in seinem ge-  
schlossenen Zustand befindet, und die mit den Öffnungen (165) der Bildfeldbegrenzungsplatte (162) ausgerichtet  
sind, wenn sich der Verschuß in seinem offenen Zustand befindet.

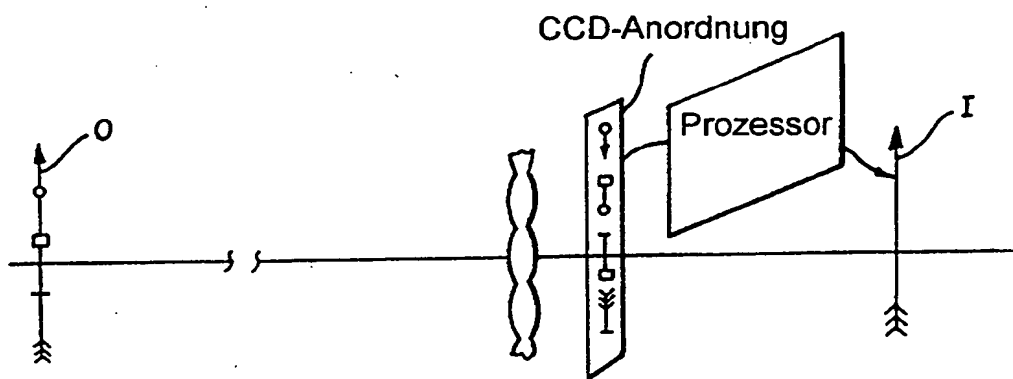
19. Linsenordnungssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der Bildabschnitte dem  
halben Abstand zwischen den Mittelpunkten der Linsen (130) der ersten Linsenanordnung (110) entspricht oder  
kleiner ist.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

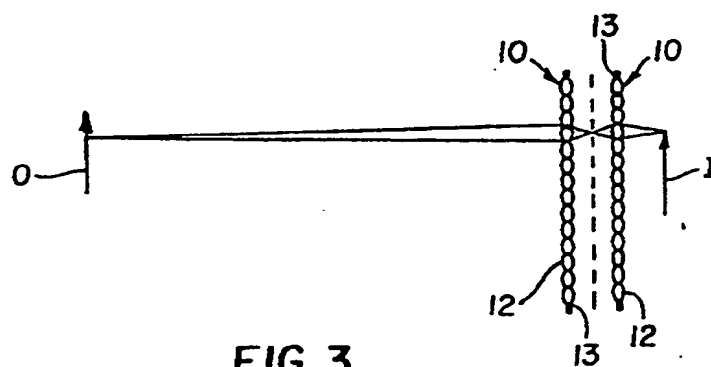
- Leerseite -



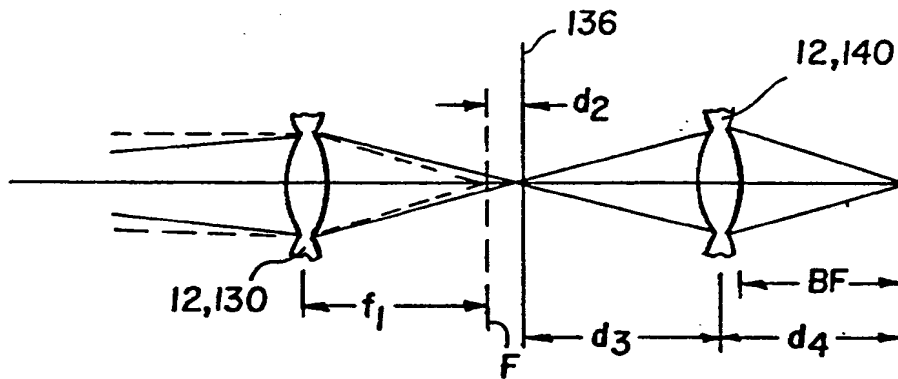
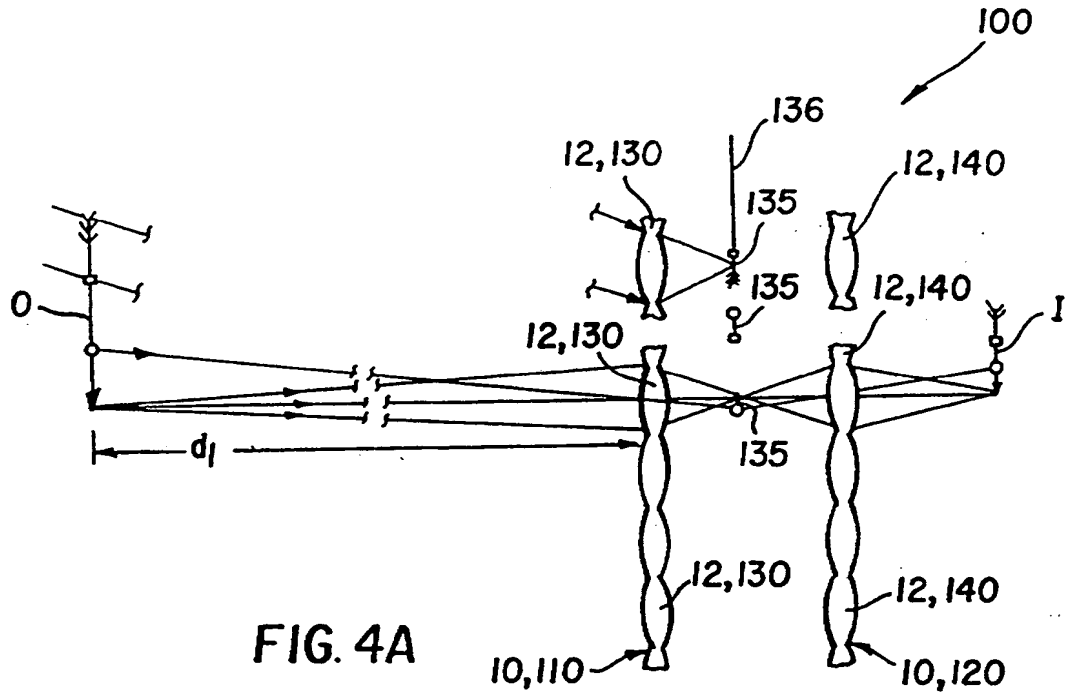
**FIG. 1**  
(Stand der Technik)



**FIG. 2**



**FIG. 3**



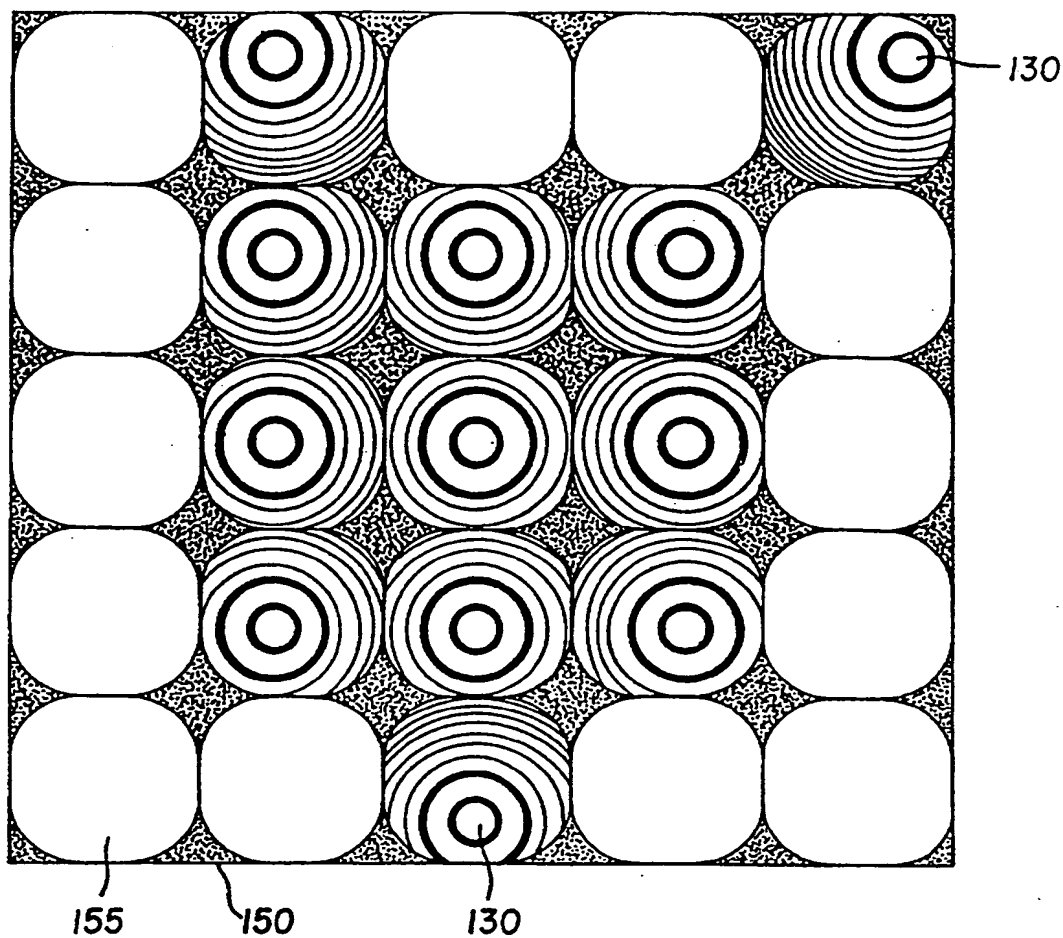


FIG. 5

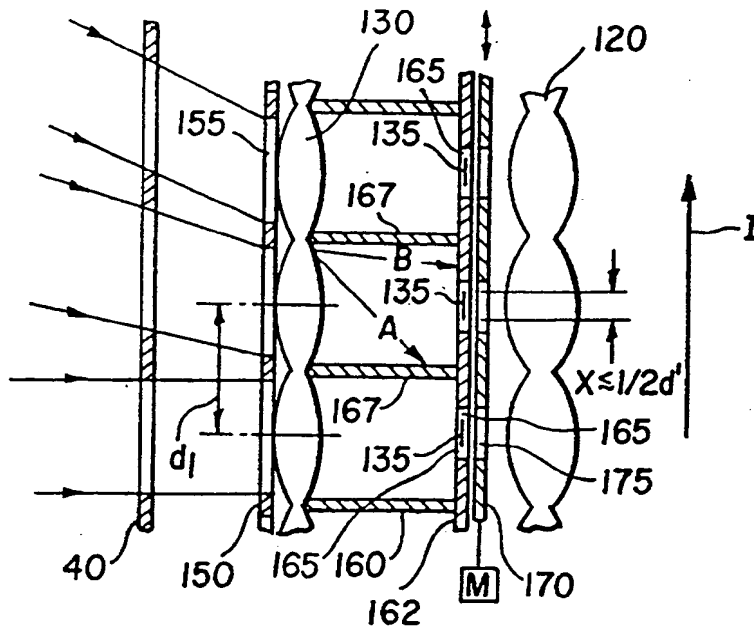


FIG. 7

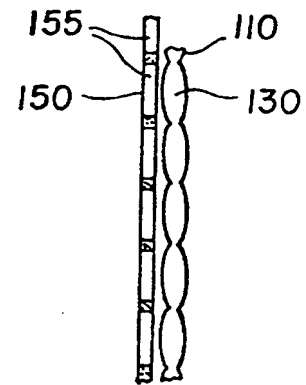


FIG. 6

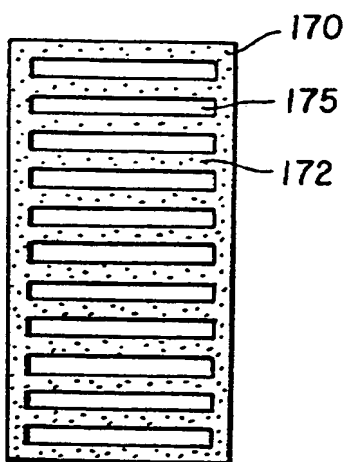


FIG. 8A

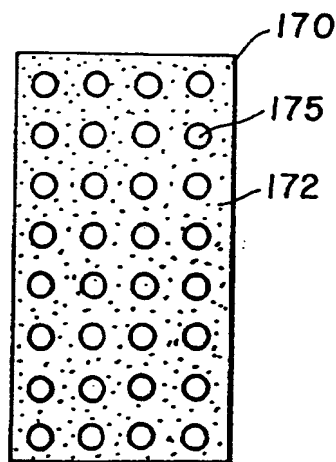


FIG. 8B

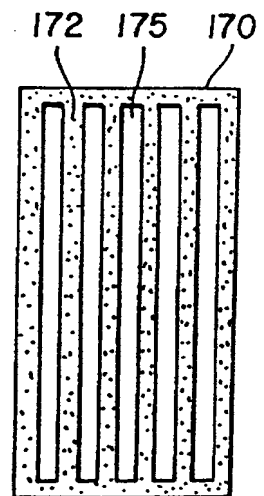
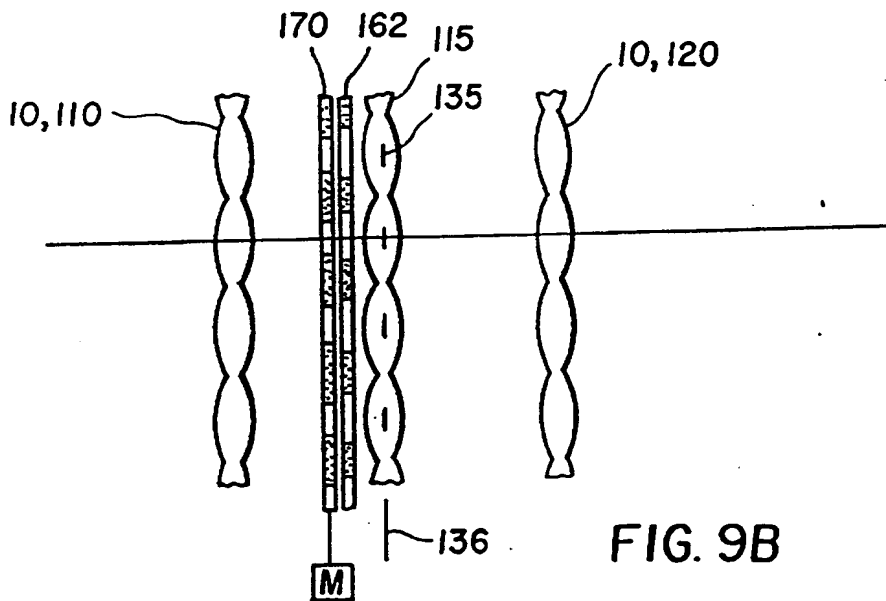
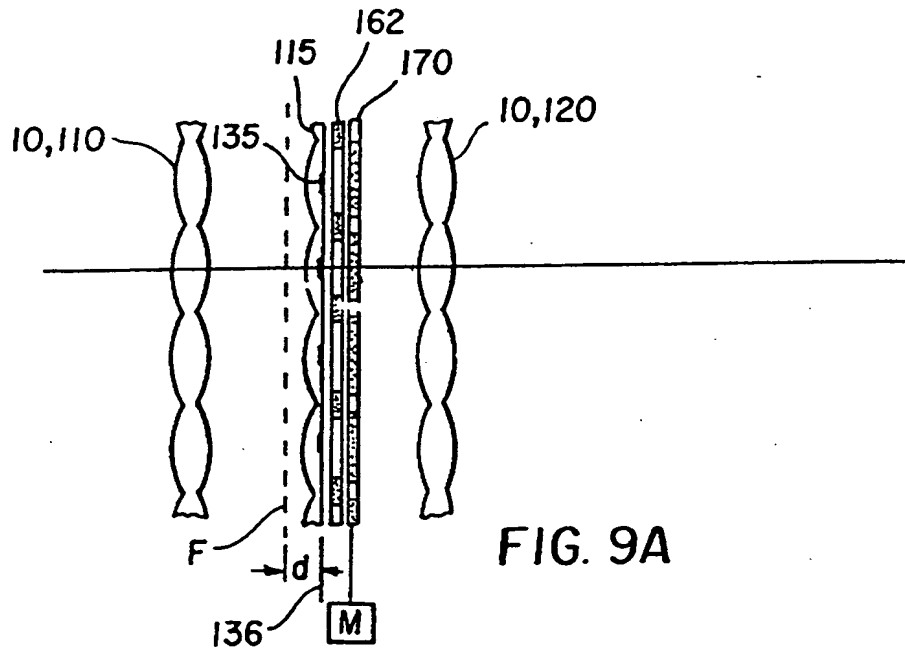
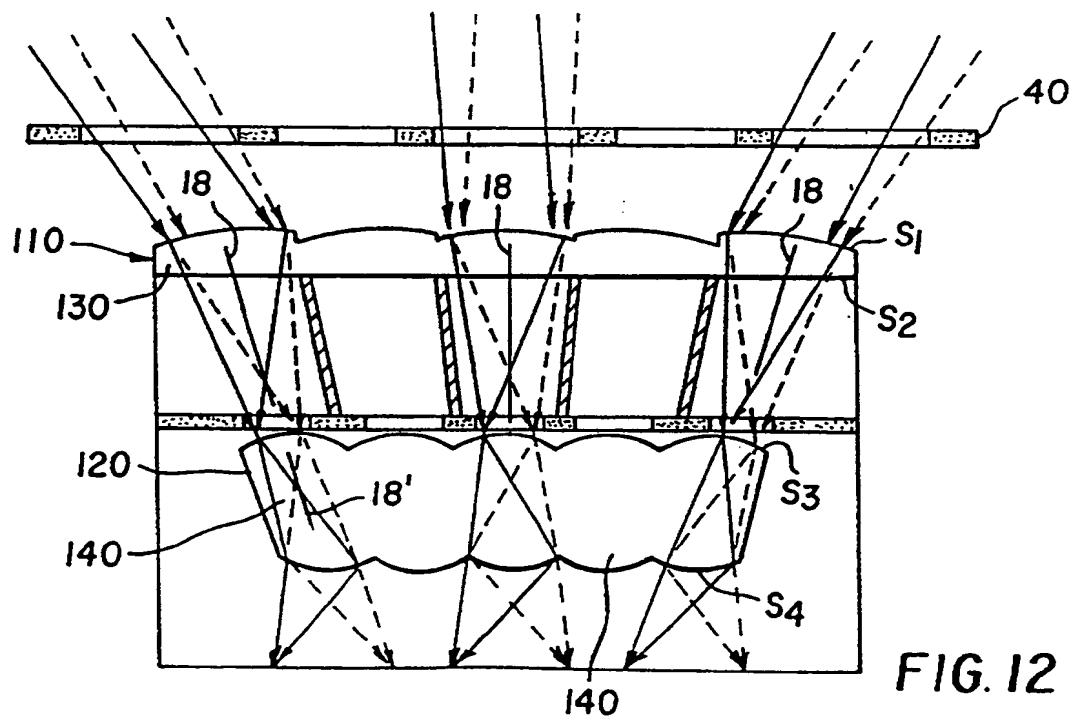
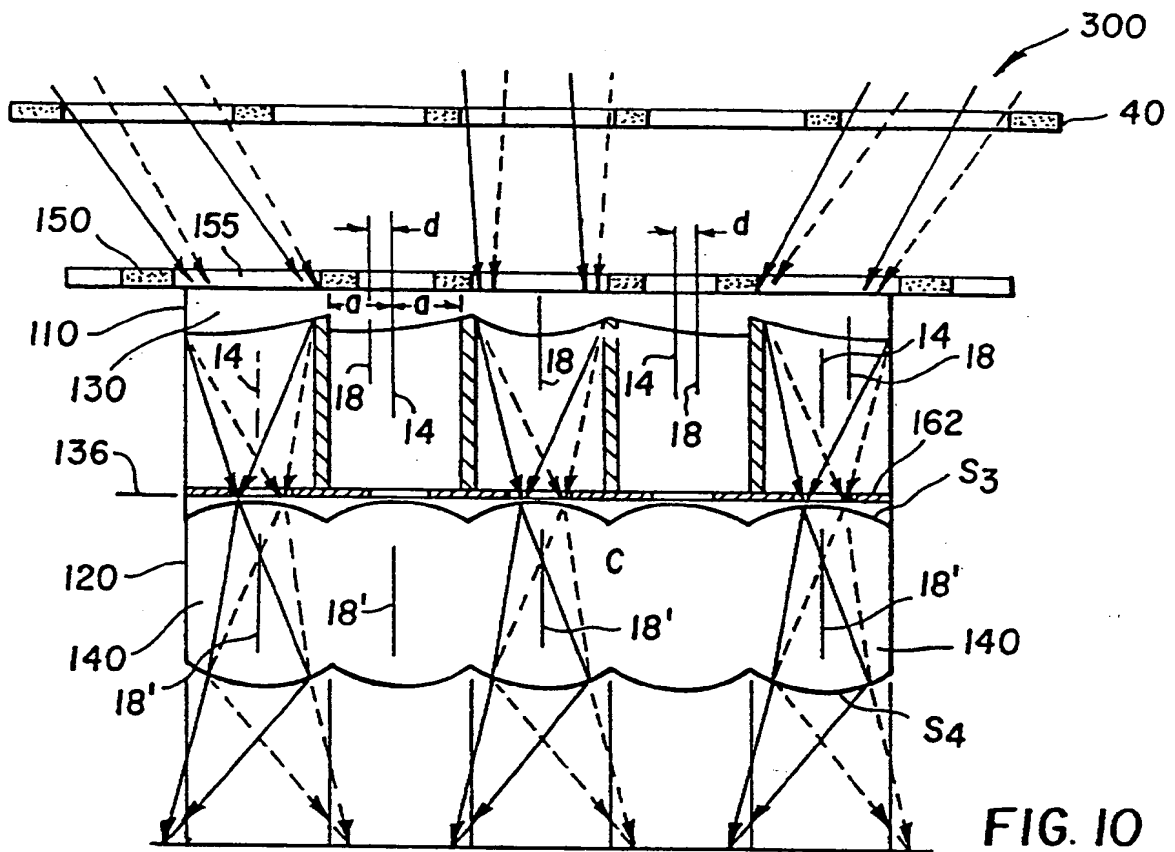


FIG. 8C







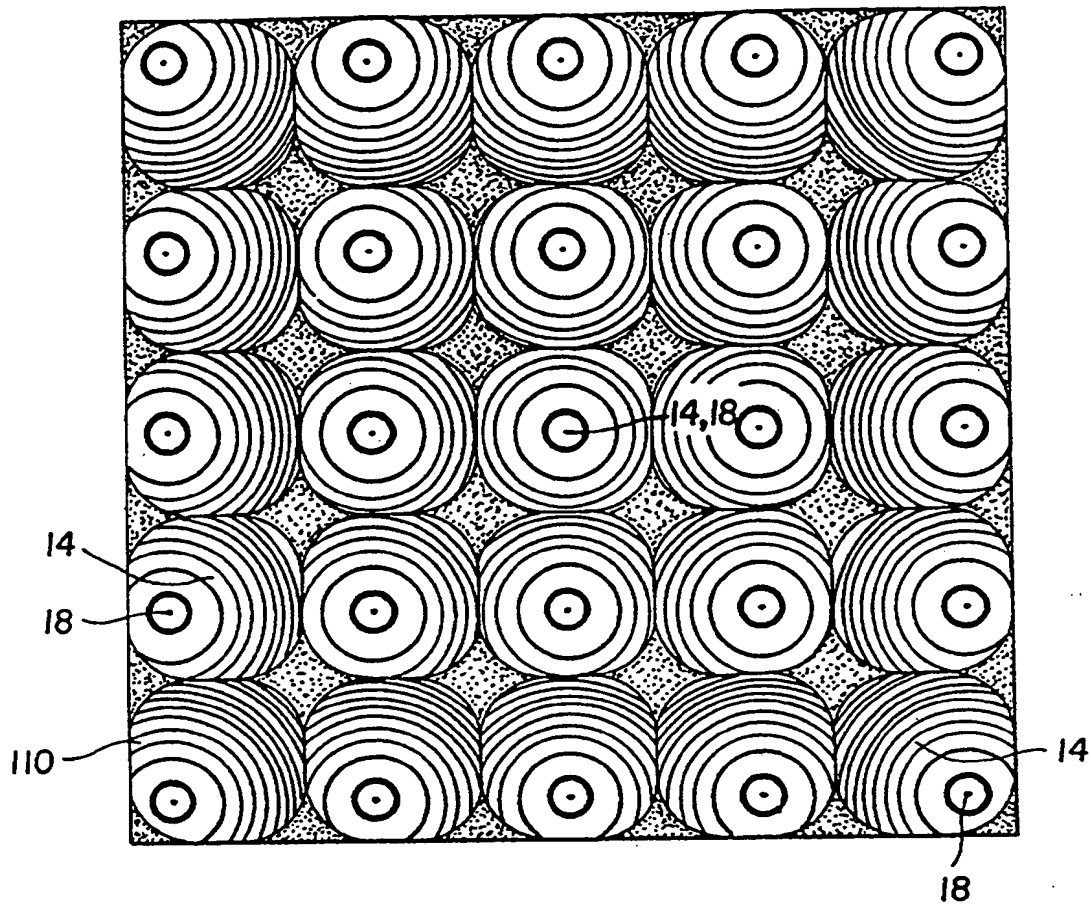


FIG. 11

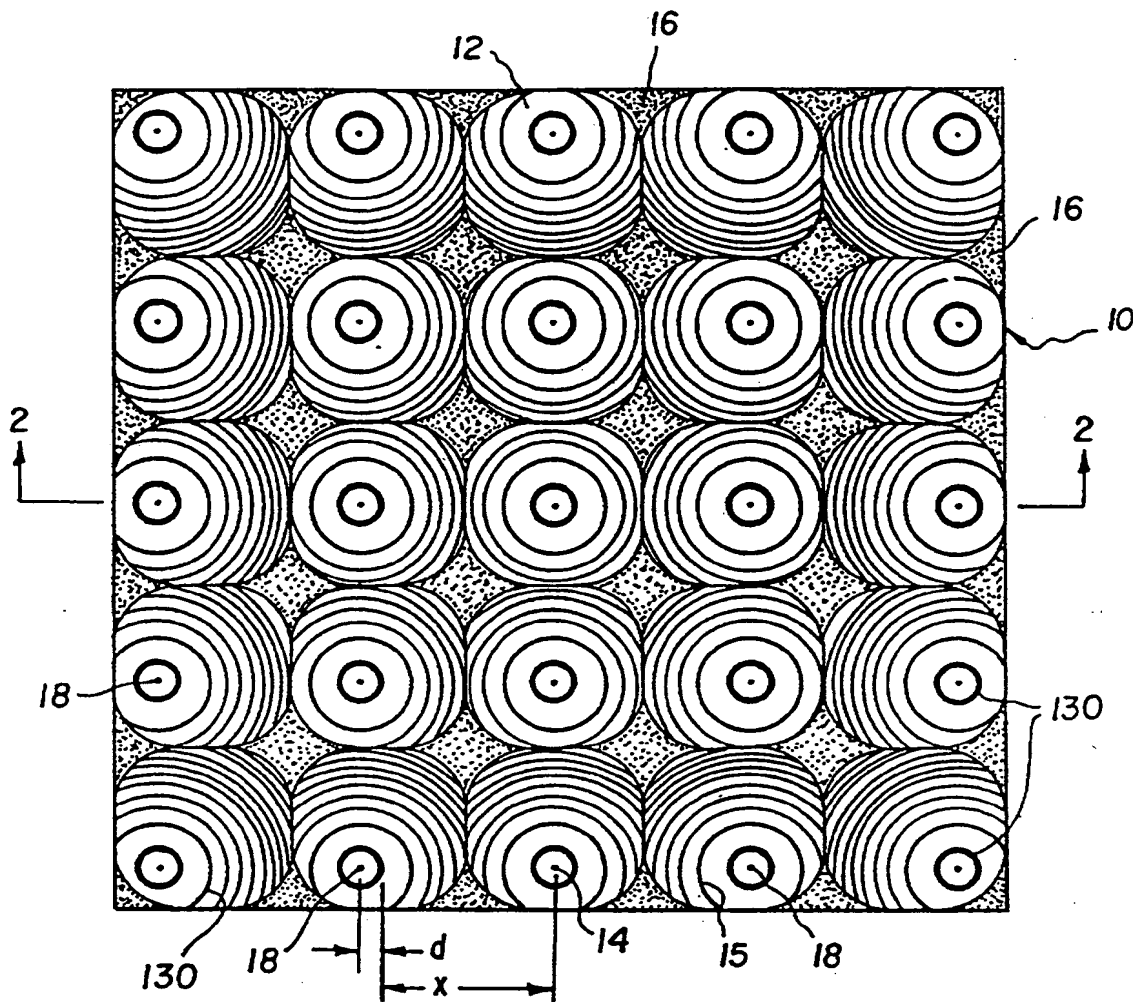


FIG. 13

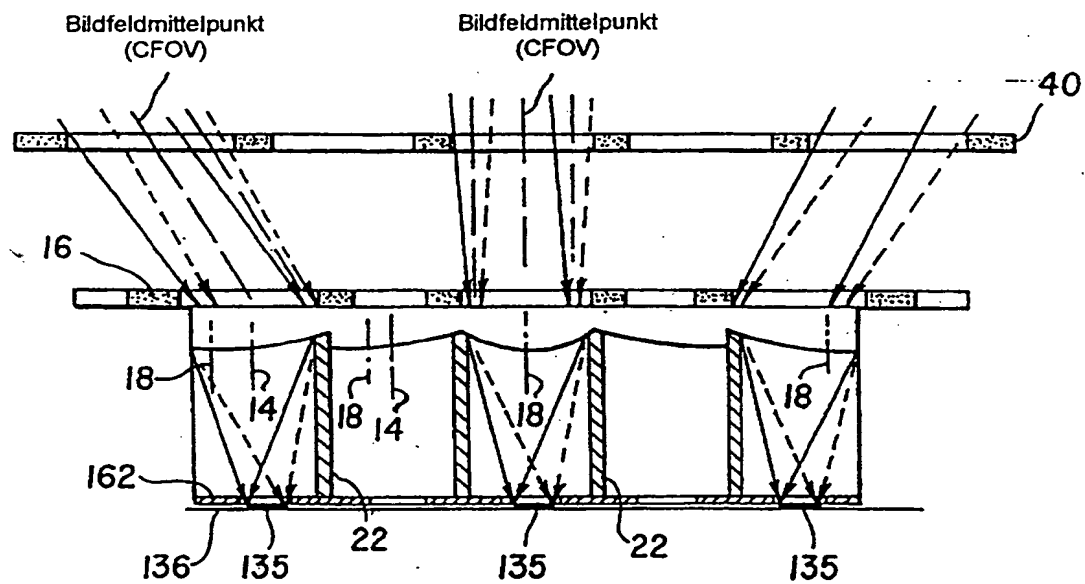


FIG. 14

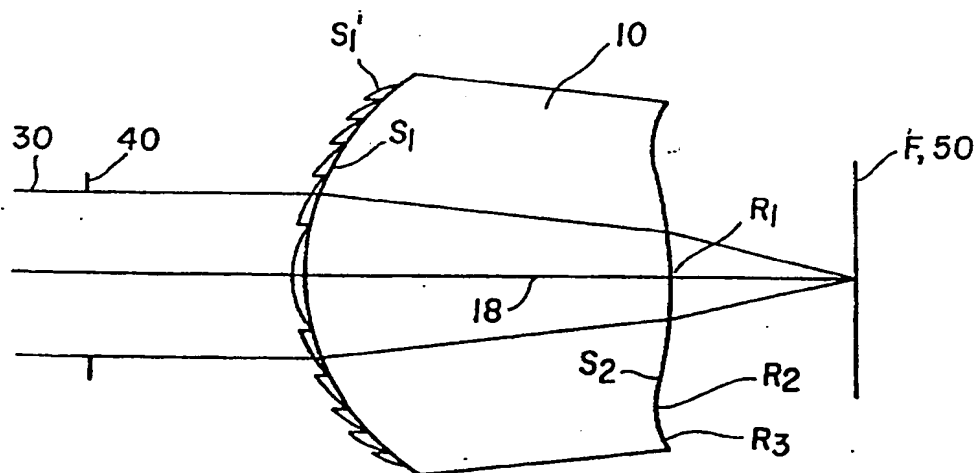


FIG. 20

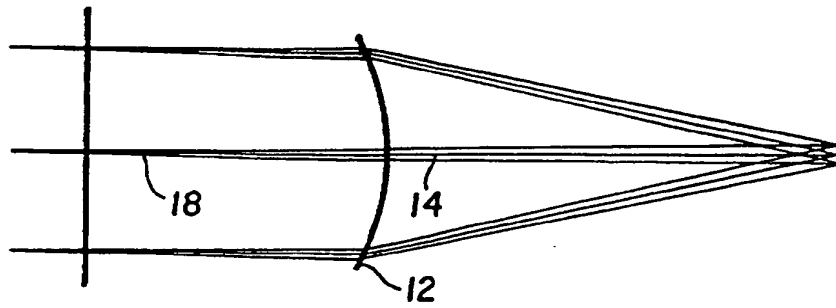


FIG. 15A

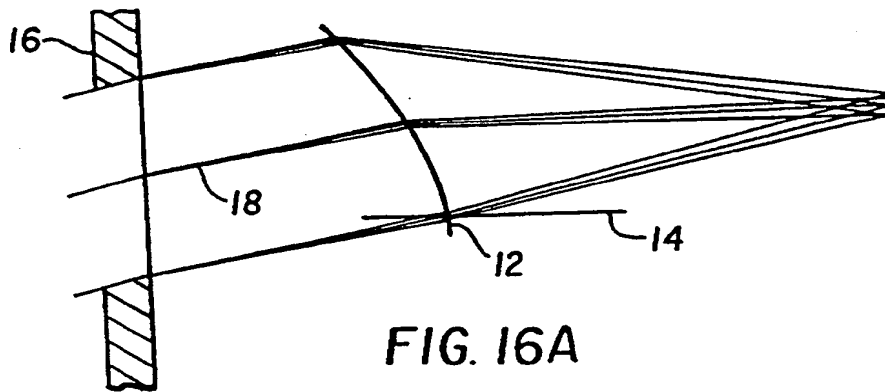


FIG. 16A

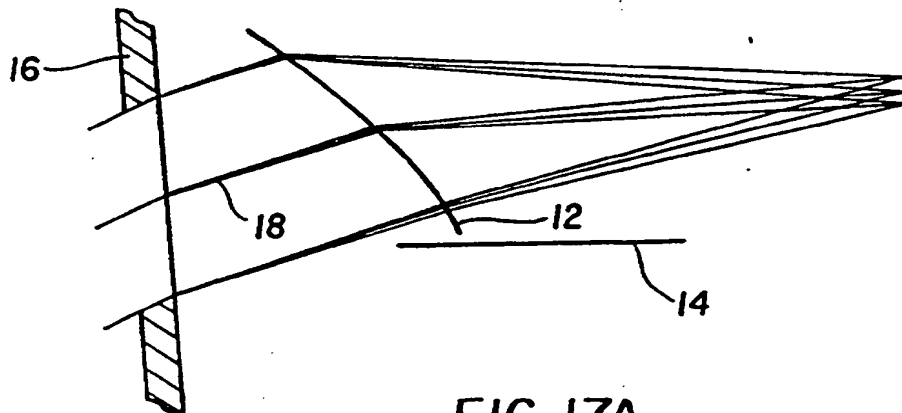


FIG. 17A

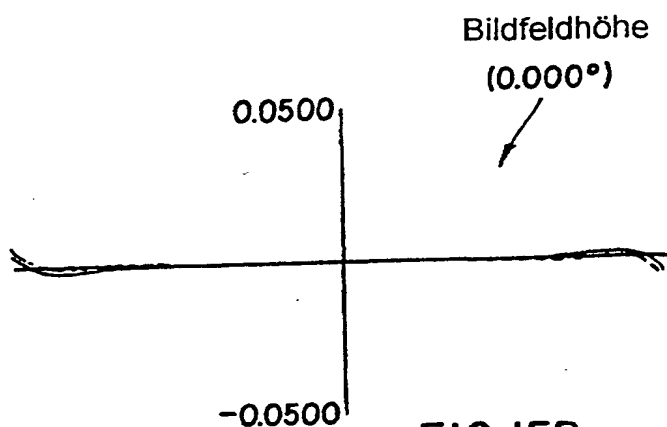


FIG. 15B

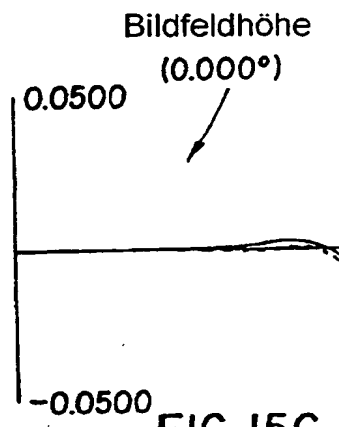


FIG. 15C

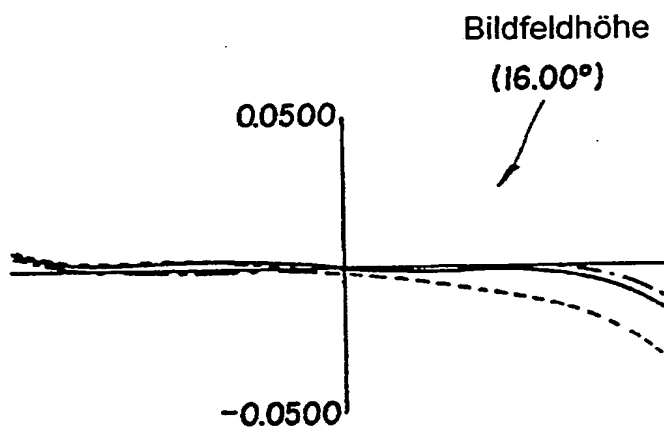


FIG. 16B

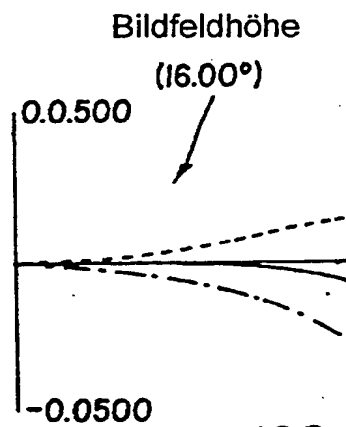


FIG. 16C

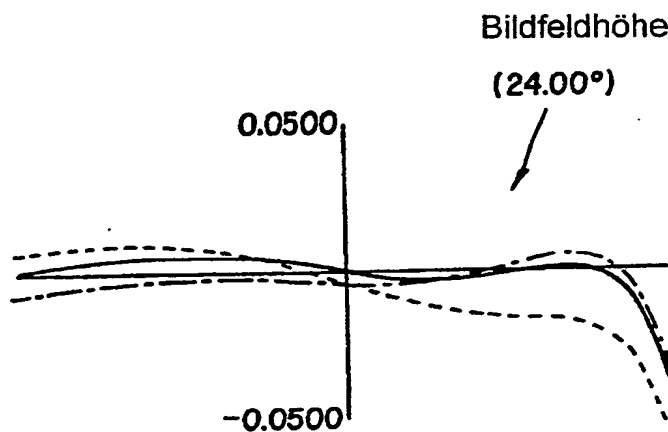


FIG. 17B

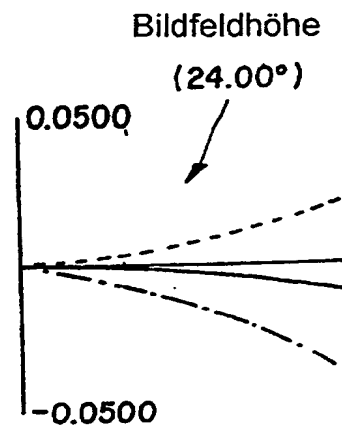


FIG. 17C

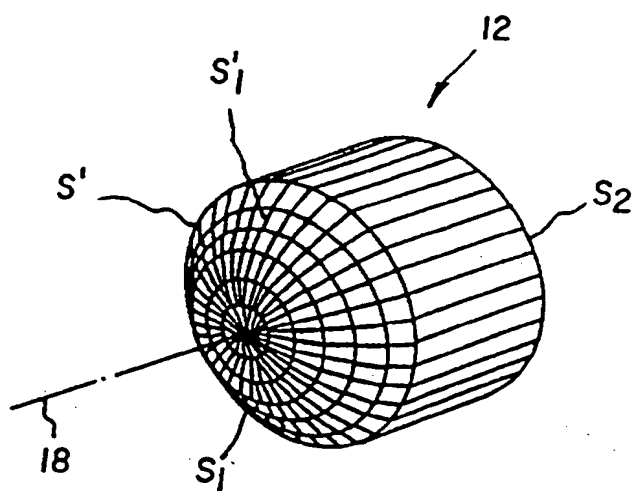


FIG. 18

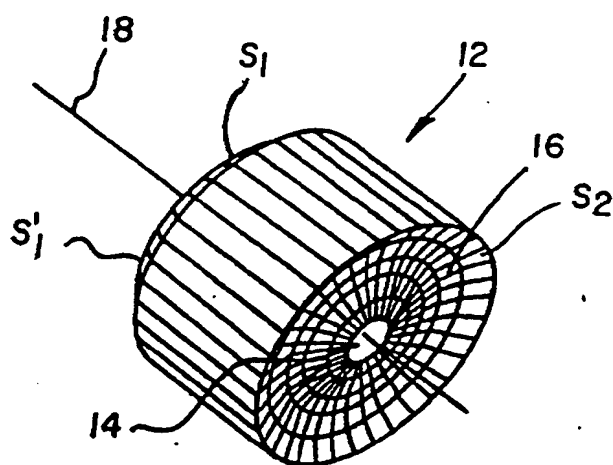
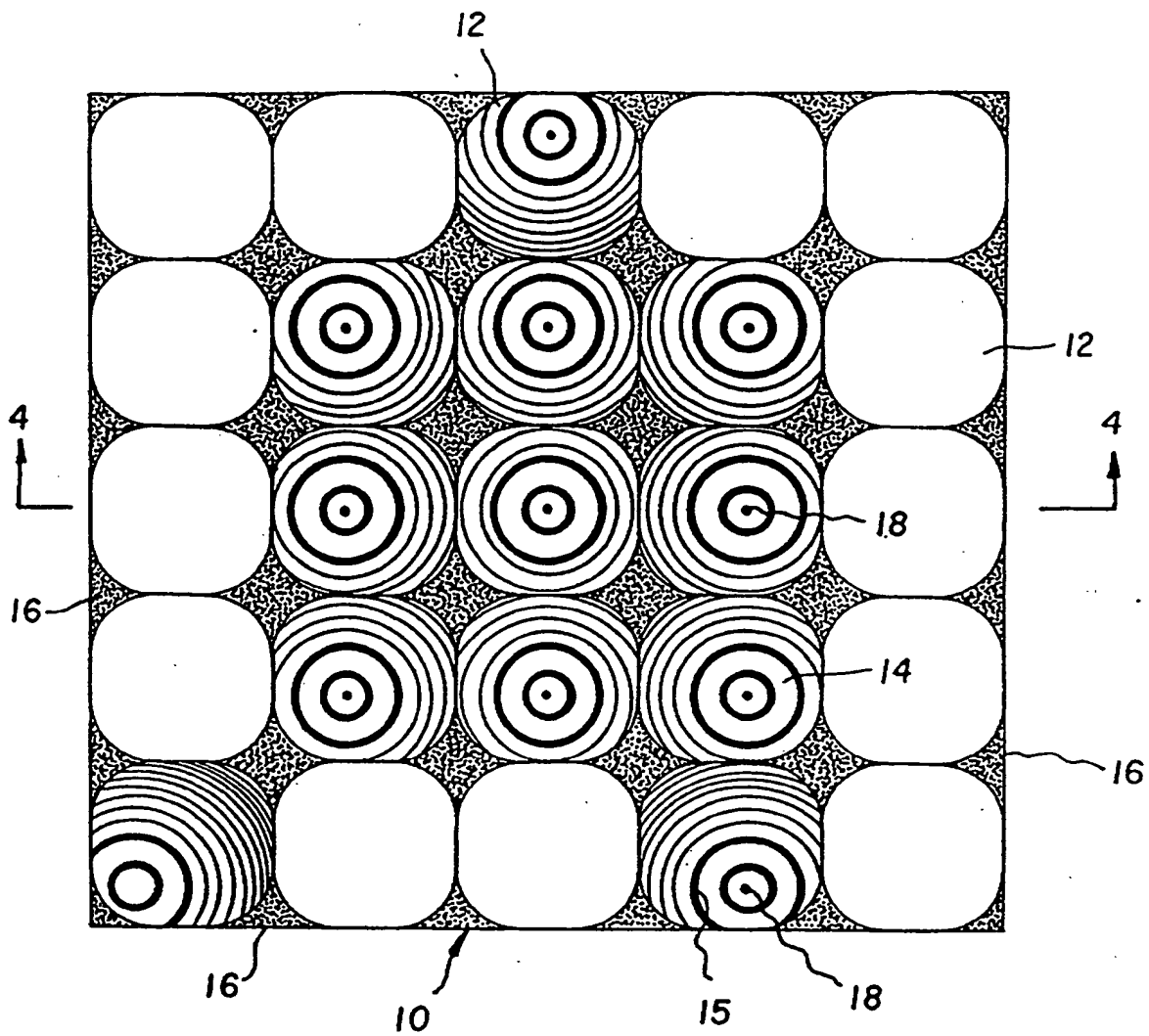


FIG. 19



**FIG. 21A**

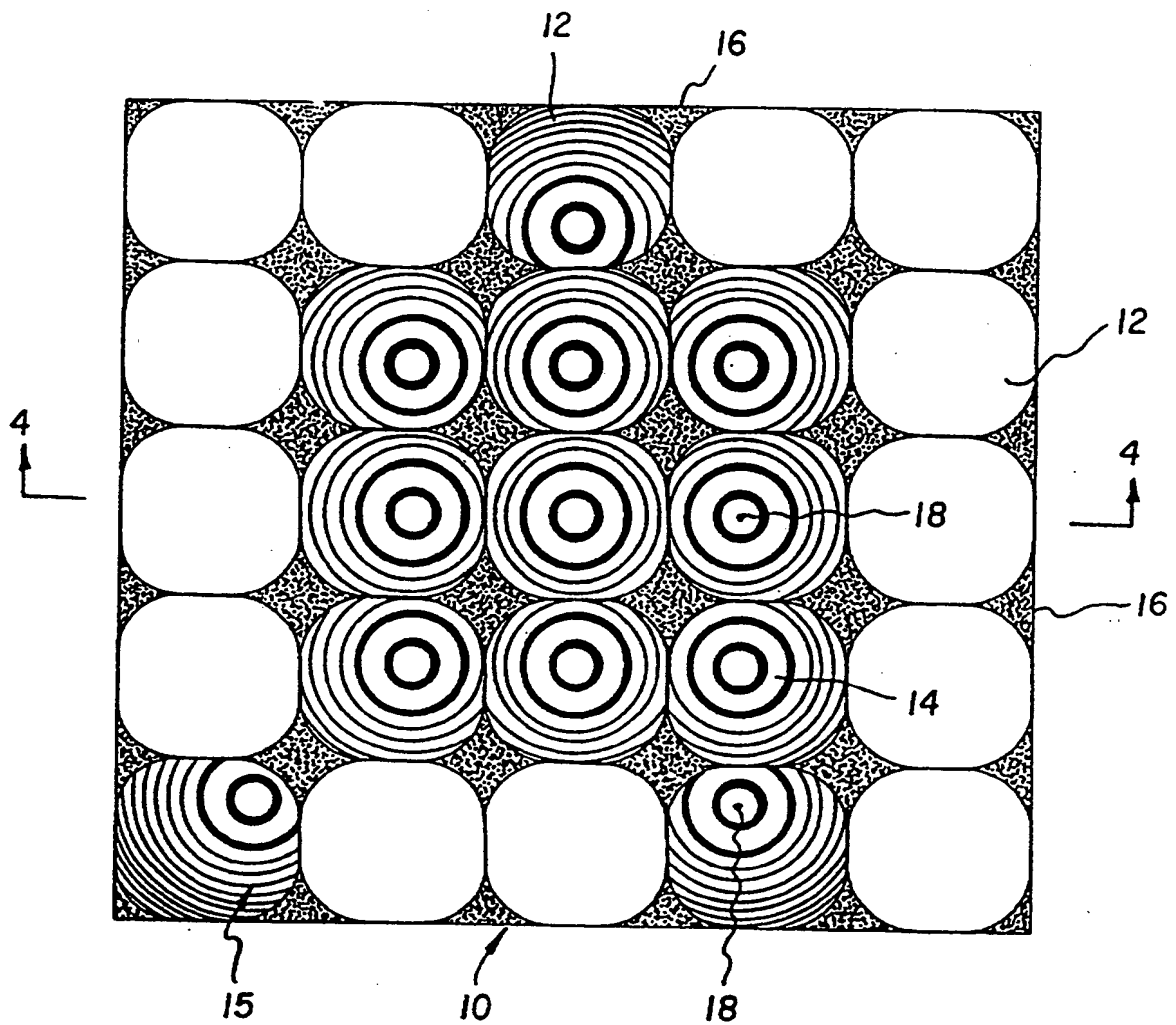


FIG. 2IB



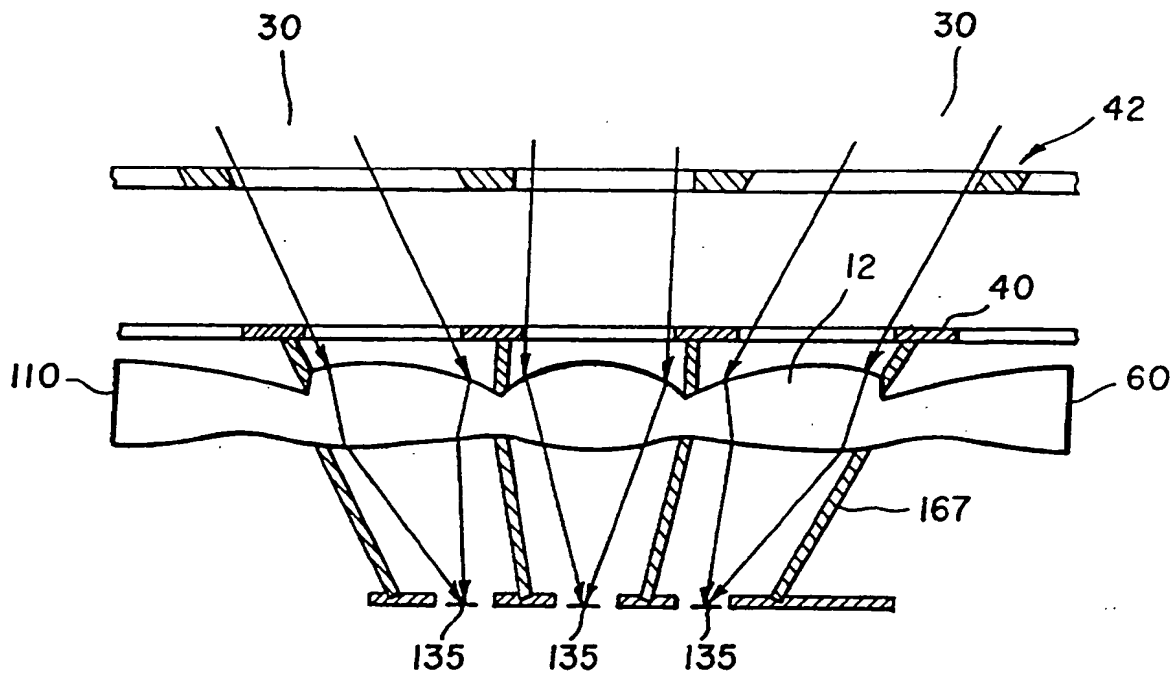


FIG. 22

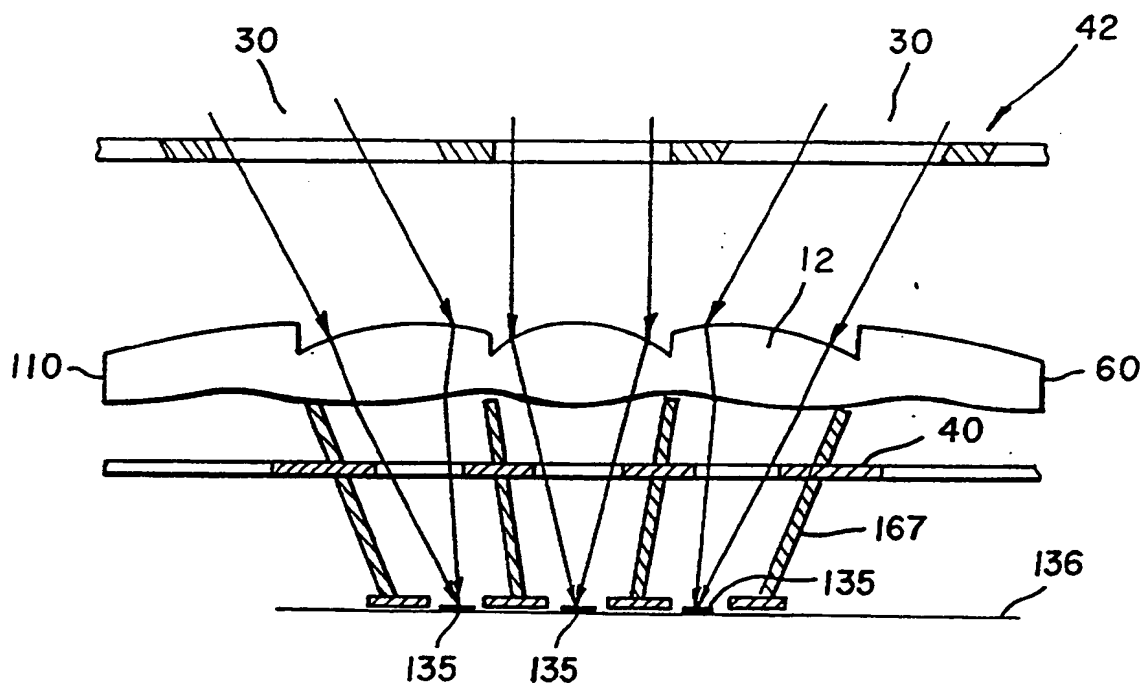


FIG. 23

0,00  
relative Bildfeldhöhe

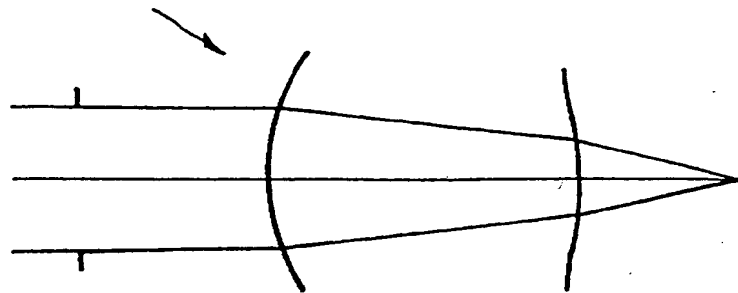


FIG. 24A

0,69  
relative Bildfeldhöhe  
(14,00°)

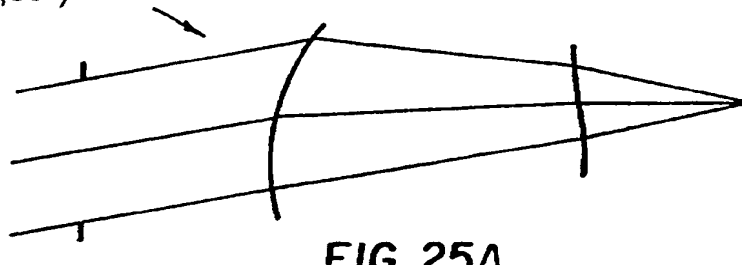


FIG. 25A

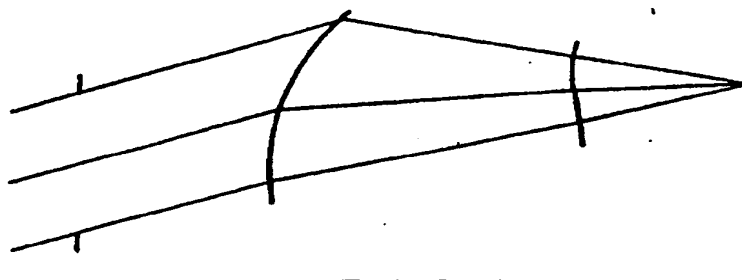


FIG. 26A

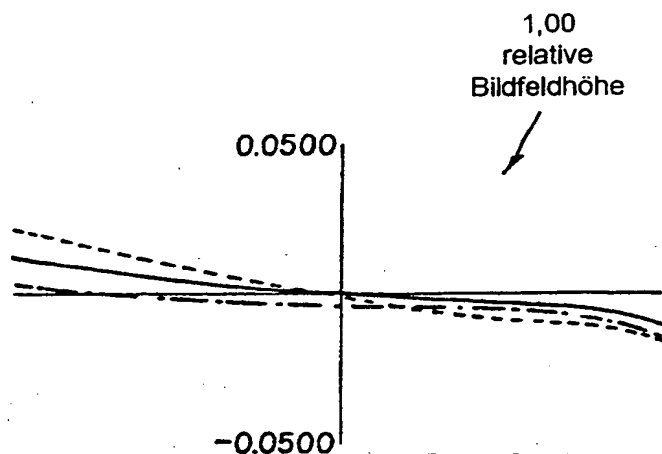


FIG. 24B

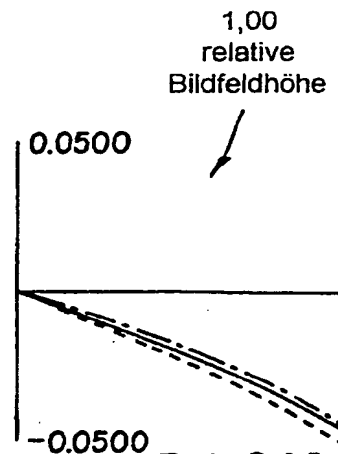


FIG. 24C

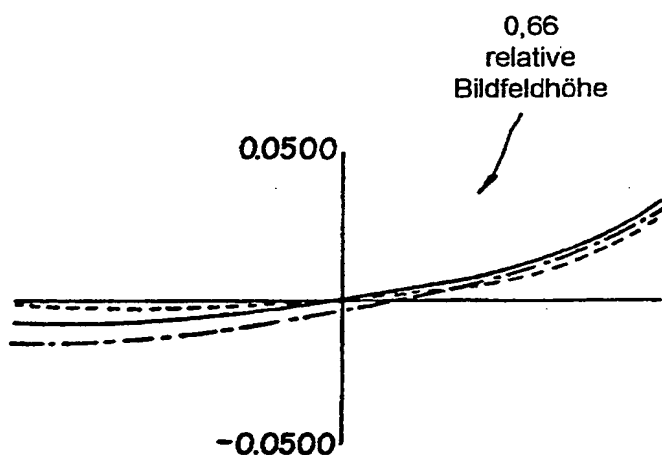


FIG. 25B

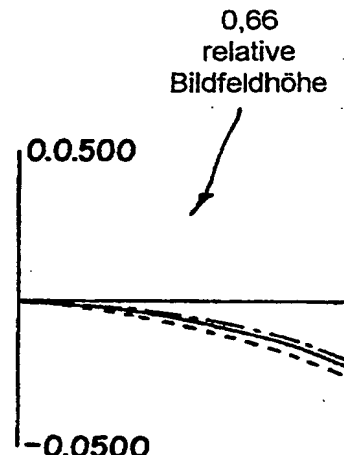


FIG. 25C

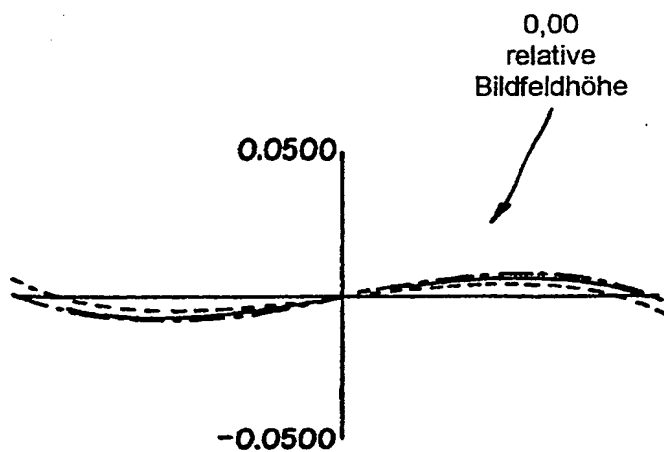


FIG. 26B

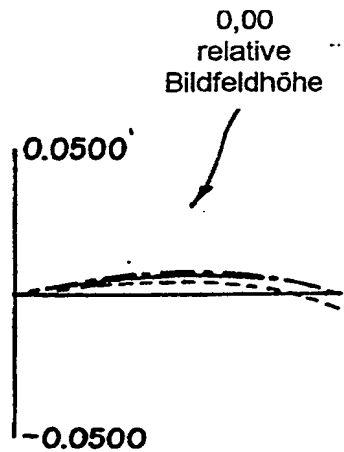
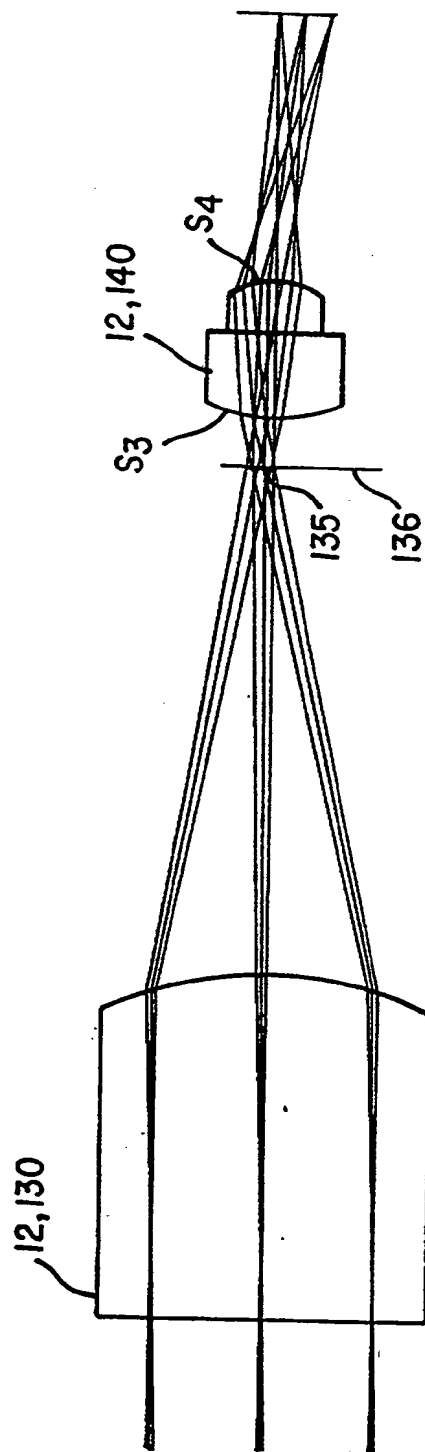
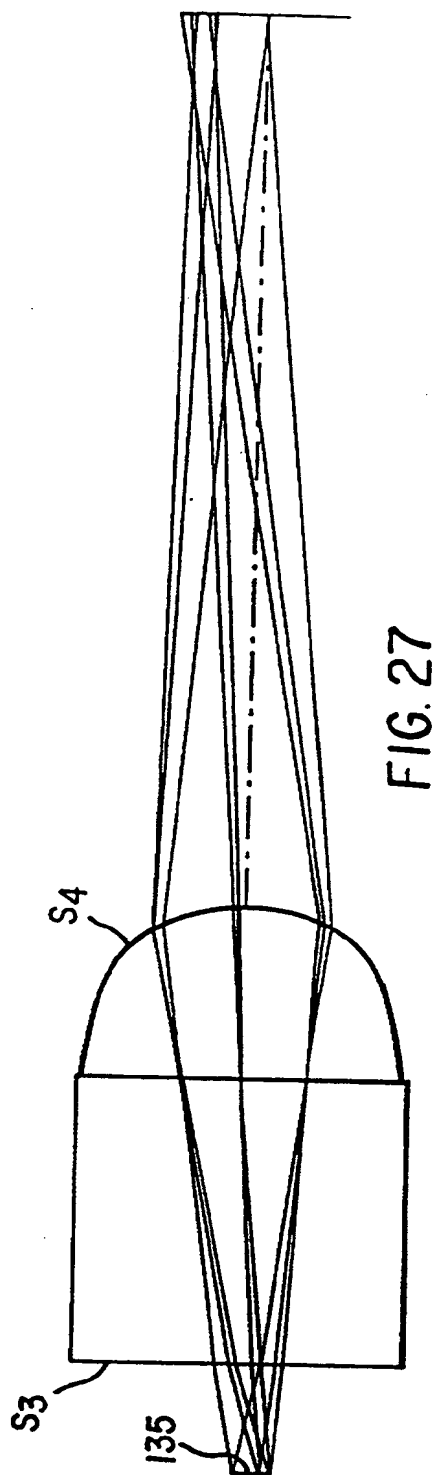


FIG. 26C



2/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011947090 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-364000/199832

XRPX Acc No: N98-284229

Lens system for use with camera - has two component groups giving compact

multiple lens with short focal length

Patent Assignee: EASTMAN KODAK CO (EAST )

Inventor: MEYERS M M

Number of Countries: 003 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19755565	A1	19980625	DE 1055565	A	19971215	199832 B
JP 10186107	A	19980714	JP 97351477	A	19971219	199838
US 5822125	A	19981013	US 96772590	A	19961220	199848

Priority Applications (No Type Date): US 96772590 A 19961220

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19755565	A1	33	G02B-013/06	
JP 10186107	A	20	G02B-003/00	
US 5822125	A		G02B-027/10	

Abstract (Basic): DE 19755565 A

The lens system (100) has an initial component group of a mask to

define the image field and an initial lens array (110) with a given focal plane, for a complete image field of at least 20 deg. . A

number

of non-butting image sections (135) of the target object are formed in

an intermediate focal plane (136), coplanar with the focal plane of the

first lens array.

The first lens array has a number of butting lenses (12,130) with

positive refracting power and each with a focal length of at most 15

mm, to take a specific segment of the total image field for the target

object so that, together, they form the whole image, and each lens gives the image segment for the image section. A second component

group

has a second lens array (120) to receive light from the first group,

with a number of butting lenses (12,140) with positive refracting power. Each lens in the second array has a focal length of at most

15

mm.

USE - Lens system is for photographic and digital cameras, and camcorders.

ADVANTAGE - Lens system is compact and easily produced, with short

focal length, giving high quality image over large image area.

Dwg.4A/28

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Title Terms: LENS; SYSTEM; CAMERA; TWO; COMPONENT; GROUP; COMPACT;  
MULTIPLE

; LENS; SHORT; FOCUS; LENGTH

Derwent Class: P81; W04

International Patent Class (Main): G02B-003/00; G02B-013/06; G02B-  
027/10

International Patent Class (Additional): G02B-013/18; H04N-005/225

File Segment: EPI; EngPI

?

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**